

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (40)

物理大发现

E-BOOK  
网络资料 免费下载

## 伽利略与惯性定律

1582年的一天，意大利比萨城一个年轻的医科学生，正在比萨大教堂里跪着，同去做礼拜的同伴们都在专心地听牧师讲道，大厅里除了讲演声和一根链条的擦碰声外，一片寂静。一盏从教堂顶端悬挂下来的吊灯，被风吹得在空中来回摆动。摆动着的挂灯链条的嘀嗒声惊扰了正在做祈祷的医科学生——伽利略。这种人们常见的现象，引起了伽利略极大的兴趣。他的思考与牧师的祷告距离越来越远了。他目不转睛地注视着吊灯的摆动，尽管吊灯摆动的振幅逐渐减小，但往返一次所需要的时间似乎都一样。他把右手指按在左手腕的脉搏上测量起来，惊奇地发现：不论灯摆动的幅度多大，每摆动一次所需用的时间的的确是相同的。这个意外的发现，使他仿佛遭到了闪电的突然袭击，引起了伽利略的惊奇。他自问：自己的感觉是正确的吗？不是感觉欺骗了自己，就是亚里士多德“摆幅短需时少”的说法是错误的。究竟是看花了眼，还是发现了奇迹，发现了大自然的一个伟大真理？他在教堂一刻也呆不下去了，拔腿跑回家中。

伽利略回家后，迫不及待地进行了实验，为了取得精确的实验结果，他找来了一只沙钟，准备好鹅管笔、墨水、纸张，认真记录实验数据，并请他的教父帮助他进行这个试验。他找来两根一样长的绳子，在顶端各坠上一块相等重量的铅块，分别将两根绳头系在两根厅柱上。伽利略手拿两个铅摆，分别拉到距垂直线不同的位置，然后同时放开手，让绳索自然摆动，让他的教父数一根绳索的摆动次数，自己数另一根绳索摆动的次数，然后加以比较。经过多次反复实验，发现两根绳索来回摆动的次数总数是一样的。伽利略终于发现：虽然两根绳索起点不相同，但摆动的时间却一样。他发现了摆动的规律，并用数学公式给予了准确的表述：即摆动的周期与摆的长度的平方根成正比，而与摆锤的重量无关。这就是伽利略年轻时发现的著名的“摆的等时性原理”。后来，荷兰的科学家犹更斯就是根据这个原理，制造出了挂摆的时钟。今天，这个原理被更广泛地应用于计数脉搏、时钟计时、计算日食和推算星辰的运动等诸方面。

伽利略发现著名的“摆的等时性原理”时，年仅18岁。

1564年2月15日，伽利略出生于意大利的比萨城。他的祖辈是佛罗伦萨的名门贵族，父亲是音乐家，作曲家，多才多艺，而且还擅长数学，可是他却不愿意自己的儿子将来成为一名数学家或音乐家，希望他能成为一位医生。伽利略11岁时，进入佛罗伦萨附近的法洛姆博罗莎经院学校，接受古典教育。孩提时代的伽利略，好奇心极强，喜欢与人辩论，从不满足别人告诉他的道理，而要自己去探索、去想象。他虽是一个音乐师的儿子，却从小就对“天空的音乐”感兴趣，他父亲说他是一个心不在焉的小星象家，说他常常眼里看见奇象，耳朵里听见异音。在学校里，当老师在解说拉丁文的介词，或意大利文的动词的重要性时，小伽利略的心早就随着父亲给他买的作为生日礼物的那只小气球飞到天外去了。他还喜欢制造机械玩具做游戏，他制作了各式各样的像车、风车、船之类的小玩意儿。

17岁时，伽利略进入了比萨大学学医。然而，他以后的成就竟与医学毫无关系。在大学学习期间，他对医学兴味索然，却迷恋着数学，在他的医学教科书下藏着欧几里德和阿基米德的著作，背着人，一心一意地钻研着数学。

空闲时，就用自制的仪器进行自然科学实验。他深深感到：“数理科学是大自然的语言。”为了学好这种语言，他决意献出自己的一生。

在学习过程中，伽利略表现出了独特的引人注目的个性，对任何事物都爱质疑问难。他不但指责学校的教学方法，而且还怀疑教学内容。尤其是对哲学家们所崇奉的那些“绝对真理”，他更想探明它们究竟包含什么意义，甚至对古希腊伟大的哲学家亚里士多德的主张也提出了质疑。

伽利略的学习动向和实验活动，引起了学校教授们的不满，因为一个学生要独立思考，简直是不折不扣的异端。教授们宣布道：“所有科学上的问题都最后而且一劳永逸地被亚里士多德解决了。无论何时，只要谁敢对一条教条式的说法提出异议，教授只需引用亚里士多德的一句话就可以结束争论。而伽利略却常常用自己的观察、实验来检验教授们讲授的教条，对于伽利略“胆敢藐视权威”的狂妄举动，教授们不仅写信向伽利略的父亲告状，而且拒绝发给伽利略医学文凭，甚至给他警告处分，因此，伽利略被迫离开了比萨大学，成了一个人所共知的学医失败者。

1585年，伽利略回到佛罗伦萨，在家自学数学和物理，潜心攻读欧几里德和阿基米德的著作，1586年写出论文《水秤》，1588年写出《固体的重心》，从而引起了学术界的注意。1589年，伽利略的母校比萨大学数学教授的席位空缺了，在友人的推荐下，他当上了比萨大学的数学教授。伽利略，这位年仅25岁的教授在完成日常教学工作外，开始钻研自由落体问题。

当时，亚里士多德的物理学占支配地位，是无容置疑的。亚里士多德认为：不同重量的物体，从高处下降的速度与重量成正比，重的一定较轻的先落地。这个结论到伽利略时差不多近2000年了，还未有人公开怀疑过。物体下落的速度和物体的重量是否有关系：伽利略经过再三的观察、研究、实验后，发现如果将两个不同重量的物体同时从同一高度放下，两者将会同时落地。于是伽利略大胆地向天经地义的亚里士多德的观点进行了挑战。

伽利略提出了崭新的观点：轻重不同的物体，如果受空气的阻力相同，从同一高处下落，应该同时落地。他的创见遭到了比萨大学许多教授们的强烈反对，他们讥笑着说：“除了傻瓜外，没有人相信一根羽毛同一颗炮弹能以同样的速度通过空间下降。”他们准备教训伽利略，迫使他在全体教授和学生面前承认他的观点是荒唐的，让他当众出丑，永世不得翻身。

对于亚里士多德的信徒们的挑战，性格倔强的伽利略毫不畏惧，为了判明科学的真伪，他欣然地接受了这个挑战，决定当众实验，让事实来说话。

公开的“表演”地点在比萨斜塔。1590年的一天清晨，比萨大学的教授们穿着紫色丝绒长袍，整队走到塔前，洋洋得意地准备看伽利略出丑；学生们和镇上的市民们，也熙熙攘攘地聚集在比萨斜塔下面，想看个究竟。伽利略和他的助手不慌不忙，神色自如，在众人一阵阵嘘声中，登上了比萨斜塔。伽利略一只手拿一个10磅重的铅球，另一只手拿着一个1磅重的铅球。他大声说道：“下面的人看清，铅球下来了！”说完，两手同时松开，把两只铅球同时从塔上抛下。围观的群众先是一阵嘲弄的哄笑，但是奇迹出现了，由塔上同时自然下落的两只铅球，同时穿过空中，轻的和重的同时落在地上。众人吃惊地窃窃私语：“这难道是真的吗？”顽固的亚里士多德的信徒们，仍不愿相信他们的崇拜者——亚里士多德会有错误，愚蠢地认为伽利略在铅球里施了魔术。为了使所有的人信服，伽利略又重复了一次实验，结果相同。伽利略以雄辩的事实证明“物体下落的速度与物体的重量无关”，从而击败

了亚里士多德的信徒们。

正是这次闻名史册的比萨斜塔实验，第一次动摇了亚里士多德在物理学中长期占统治地位的偏见，打破了亚里士多德的神话。后来，伽利略又通过计算，得出了自由落体定律。但是，比萨斜塔实验却惹怒了比萨大学的许多权威人士。从此，年轻的科学家受到守旧派的仇视和迫害，伽利略被从比萨大学排挤了出来。

伽利略没有因此而灰心丧气，思想仍旧十分活跃。不久，在友人的介绍和帮助下，1592年伽利略被聘为帕多瓦大学的数学教授。帕多瓦大学位于威尼斯水城，是一所学术空气很浓，而且较为自由的大学，其医学和数学在欧洲久负盛名。伽利略在这所大学一呆就是18年，这是他科学生命最为活跃的时期。

在这期间，伽利略陆续发表了一些力学、运动学、声学 and 光学，以及宇宙体系等方面的著作。同时，他深受帕多瓦大学学生们的爱戴和敬佩，每当他讲演时，那个能容纳2000多人的讲堂就挤得满满的，而且许多听众是从欧洲各地特意赶来的。

1608年，伽利略从朋友的来信中得知，一位荷兰眼镜商人，在制造眼镜镜片时，能够用凸凹镜片的组合看清远处的物体。伽利略的好奇心又被拨动了，立即开始钻研光学和透镜。他检查了各种类型镜片的曲率以及他们彼此的各种组合方式，用准确的数学公式测量出不同曲率和不同组合所引起的视觉上的效果。1609年，他终于研制成了人类历史上第一架放大倍数为32倍的天文望远镜。

伽利略最初制造的望远镜只能放大物体几倍，但是这架望远镜比港口瞭望员用肉眼观察可以早两个小时发现进港的船只。当伽利略把这架望远镜献给威尼斯总督后，他获得终身教授的职位，因为对以航海贸易为主的威尼斯来说，望远镜的重要性不亚于一支海军。

1609年8月21日，伽利略兴高采烈地邀请他的朋友们登上威尼斯钟楼的楼顶，向他们展示那架能放大32倍的望远镜，让他们一个接一个地透过他的“魔术放大镜”往远处看。朋友们清晰地看见了远处来往的船只；远方山上吃草的羊群；城镇尽头教民们在教堂中进进出出；夜间观天，看见了“遥远的星宿如在眼前。”这奇特的“魔镜”轰动了整个欧洲，不久，也传入中国。

伽利略把这架望远镜称为“我的侦察镜”，利用它探测广阔的天空。他昼夜进行观测，发现了前人未曾发现过的现象：太阳上有黑子；月亮上有隆起的山脉，低洼的平原；木星有4个小卫星绕它旋转；银河是由众多小星群集而成。这是划时代的伟大发现。他根据自己对星团的观测，绘制了天文学史上第一批星团图，出版了《星际使者》一书，向全世界报道了他新颖而富有说服力的观测结果，比较隐晦地宣传哥白尼的观点。

伽利略通过实际观测和深入研究，认为哥白尼的日心说是完全正确的，托勒密地心说则是荒谬的。为了申明自己的观点，他写下了不朽的杰作《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》，1632年用意大利文在佛罗伦萨出版。在书中，伽利略运用大量事实，以“对话”的形式申述了哥白尼学说的正确性。他说：“哥白尼头脑之精细和眼光之敏锐要大大超过托勒密，因为托勒密没有看到的，他都看到了。”这种做法和说法，在哥白尼的学说被教廷正式宣布为“邪说”的专制时代，要冒何等的风险啊！伽利略正是冒天下

之大不韪的科学勇士。

《对话》问世后，影响极大，受到了全欧洲广大读者的赞扬，却触怒了当时的罗马教廷，伽利略的名字被列入罗马宗教裁判所的黑名单。1632年8月，罗马宗教裁判所向《对话》的出版商发出通令，禁止出售该书。并传令伽利略马上到罗马受审。

年近七旬的伽利略收到传讯通知书时，正在病中。医生写了证明书：“伽利略生病在床，他可能到不了罗马，就到另一世界去了。”残无人道的宗教裁判所竟下令：只要伽利略能勉强行走，就要锁上铁链，押到罗马来。1632年底，伽利略在朋友们的搀扶护送下启程了。他冒着呼啸的寒风，经历千辛万苦，于1633年2月到达罗马。这位已经半死不活的可怜老人，一到罗马，立即被监禁了起来。

1633年4月，罗马宗教裁判所开庭对伽利略进行审讯，以各种方法逼迫伽利略放弃哥白尼学说。审讯持续了好几个月，伽利略坚持不肯忏悔。裁判所便以火刑威胁，年老多病的伽利略被折磨得精神恍惚，被迫在判决书上签字，同日心说一刀两断。据说，当精疲力竭的伽利略被朋友们搀扶着离开法庭时，嘴里仍叽叽咕咕地嘟囔着：“地球确实是在运转呀！”最后，罗马宗教法庭还是判处伽利略终身监禁。

残酷的精神和肉体上的摧残，并没有使伽利略屈服，他的科学大脑一直在无休止地工作着，他说：“我的活动的脑子一直要工作下去。”1636年，他秘密地完成了最后一部著作《关于两门新科学的讨论和数学证明》。此书总结了他自己长期对物理学的研究，其中包括动力学的基础。书中提供的许多原则和规律，为牛顿运动定律的发现奠定了坚实的基础。

1637年，伽利略双目失明了，再也无法进行科学研究了，他痛苦地对朋友说：“在最后的日子里再也看不到光明了，以致这天空、这大地、这由于我的惊人的发现和清晰证明后比以前智者所相信的世界扩大了百倍的宇宙，对我来说，这时已变得如此狭小，只能留在我自己的感觉中了。”

1642年1月8日，伽利略，这位伟大的科学家，含冤去世。终年78岁。1737年，意大利国民为了纪念这位不幸的先驱者，把他的坟墓安置在佛罗伦萨的克洛齐教堂，以示怀念。1980年10月，一个由世界著名科学家组成的委员会在罗马成立，重新审理“伽利略案件”，为沉冤300多年的伽利略昭雪平反。历史终于显示了它的公正，伽利略终于恢复了清白，如他地下有知，该是可以感到欣慰了。

## 能量守恒和转化定律

迈尔（1814~1878），是德国人，从小学医。1840年他才26岁，便在汉堡独立开了一个诊所行医了。他平常对事情总要问个为什么，而且必须亲自观察、研究、实验。别人笑他这股痴劲，他却反而嘲笑当时形而上学的诡辩哲学，并对它厌恶至极点。他越来越不满足于自己生活在汉堡这个小天地里，和亲人们闹着要到外面去闯一闯。机会真的来了，有一支船队要到印度厄西亚远航，正好缺一个随船的医生，他便欣然应征。1840年2月22日这天，他便开始了海上生活。

也不知经历了多少个昼夜，迈尔终日在船上凭栏远眺，但是看不见陆地，看不见树木，除了蔚蓝的海水就是白浪，只是感觉到气候越来越热。这天，

好不容易到达爪哇岛的巴达维亚（即今日的雅加达），船队才终于可以停靠港口，人们也终于能登陆休息了。但是由于气候水土不适应，许多船员突然都生起病来，迈尔就按照他过去的老办法，放血治疗。在德国治这种病只需在病人的静脉管上刺一针就会放出一股黑红的血来，现在他虽仍然是一针扎下来，可是这些同胞的静脉管里却冒出的是鲜红的血。船员们的病倒是治好了，但迈尔却开始头疼起来。他本就有一个爱观察、爱思考的习惯，现在遇到这种奇怪的事，他的脑海怎能平静下来？经过多日的冥思苦想，他终于想通了一个道理。他想：血液之所以是红的，是因为里面含有氧，氧在人体内燃烧产生热量，维持人的体温。这里由于靠近赤道，气候炎热，人的体温并不需要那么多氧去维持，血里的氧消耗不多，静脉管里的血液自然就还是鲜红的。这个推论不一定正确，但是他却突发奇想地想到一个人们从没有想过的极重要的问题，就是人身上的热量究竟是由什么转化来的，是由心脏的运动吗？不是，他计算了一下，顶多只有 500 克重的一颗心脏，它运动做功产生的热量根本不能维持全身的体温。看来体温是靠全身的血肉来维持的，而这又要靠人每天吃食物，吃肉得来的；肉却是其他动物吃草长成的，而草是靠太阳的光热进行生物化学变化而生长成的。太阳的光线又是从何而来呢？他想太阳假如是一块燃烧的巨大煤块，按 1 克煤可以放出热量 6000 卡计算，这块巨大煤块只能燃烧 4600 年。看来不是这么回事，他又想那一定是无数陨星、小行星高速撞击到太阳表面使之发热的，他推算出太阳中心的温度是 2750 万度 ~ 5500 万度（今天我们知道的实际是 1500 万度）。迈尔就是这样没完没了地联想，各种能的形式在他的脑海里不断转换，越想越多，越想越宽，从具体上升到抽象，最后他想应该集中到一点：用什么来说明、来衡量这些能量间的转换呢？这就是热、热量。每种能量都可以转化或换算成热量，这就是它们之间的相似之处。迈尔在不知不觉中已从狭窄的医学领域，跳到了大众学科领域中。

迈尔远征南洋之行，无意之间获得了这样一个新的想法，喜悦之情无法用言语来表达。他一回国就写了一篇论文《论无机界的力》提出机械能与热能的转化思想，而且还自己设计实验测出热功当量是 365 千克米/千卡。他兴冲冲地带着这篇文章来到当时德国最具权威的科学杂志《物理年鉴》杂志社，声言一定要亲自面见总编。总编辑波根道夫一见到这个年轻人便先问道：“您是搞什么专业的？”

“我是一名医生。”

“医生怎么到我们物理杂志社来投稿呢？”

“我的这个新理论不但管医学，也管物理、化学，一切自然学科都逃不出它的范围。”

“年轻人，你在说疯话吧。”

波根道夫答应，可以把论文先留下。可是迈尔回到汉堡后，左等右等却不见文章发表。他料想自己这个无名小卒人家不会相信，便又将此文投到一份医学杂志，终于在 1824 年 5 月问世。但物理学家们谁也不曾注意这种医学小刊物。于是他到处演说，挤进去参加人家的物理学术会议，让人们相信世界上能量是不生不灭的。这天他又在一个讨论会上大声演说：

“你们看，太阳把能量洒向地球。地球决不会让这些能量浪费掉，就到处长满了植物，它们生长着，吸收着阳光，并且又生出各种化学物质……”

但是他讲的这些谁也不相信，人们议论纷纷：“这纯粹是胡扯，是瞎猜，

有什么实验根据呢？”其实迈尔所提出的是光合作用问题，以后果然被俄国科学家季米利雅捷夫所证实。这是后话。人们根本不愿听迈尔的演说，对他很不尊重，说：“看来他真的有些疯了吧。”

迈尔气极了，大声喊道：“什么叫疯了？疯子是不按常规想事、做事，但不遵循常规的人却并不一定都是疯子。哥白尼、布鲁诺、伽利略、哈维不是都打破了常规，都曾被人称为疯子吗？但是历史却证明他们是真正的伟人！”

“哈哈，原来你是想当哥白尼啊！”

“你还是先当一个好医生，治治自己的精神病吧！”

会场上一片哄笑。

迈尔由于不被人理解，他陷入极度的痛苦中。加上他的两个儿子又相继去世，精神上受到更大的打击。他走过大街，大家议论：“这就是那个疯医生，连自己的孩子也治不好。”渐渐，他的诊所也无人光顾了。他也一天大更加形容枯槁，脾气更加狂躁。

1850年的一天晚上，他拖着疲惫的身子回到家里，刚迈上楼梯就听到家里有人说话，是妻子的声音：“先生，请您拿个主意，他是否该去住一段时期的医院了。”他推门进去，本地一位精神病院的名医师正坐在沙发里。原来家里人也把他当成精神病人了。他非常愤怒，将桌子一把掀翻，喊道：“你们全都疯了，你们不要我这个疯子，我就离开这个全是疯人的世界！”

说罢，他冲出门外，从阳台上头朝下一跳，便栽下楼去了。家里人半天才反应过来，看着黑呼呼的楼下，一时又哭又喊乱成一团。好不容易把他送到医院，虽然性命挽救过来了，但神经已经错乱了。一个天才就这样被人言给毁了。

和迈尔同时期研究能量守恒的，还有一个英国人叫焦耳（1818~1889）他从小体弱多病，不能到学校去学习，只能在家里自学。在后来又投到道尔顿门下学化学、物理、数学。焦耳的父亲是一位啤酒商，他为儿子留下了一个啤酒厂，焦耳便一边经营啤酒厂一边研究科学。在长期的酿酒过程中，使他懂得准确测量的重要性。自从他听说法拉第发现电磁感应后，他又迷恋于电的研究，真是条条大道通罗马，就像迈尔从静脉血液的颜色想到能量转化一样，焦耳却从导线通电后可以发热，想到了电能和热能的相互转换。1840年他才22岁，便发现将通电金属丝放在水里，水会因此而发热。经过多少次精细地测试，他得出了一条定律：通电导体所产生的热量跟电流强度的平方、导体的电阻和通电时间成正比，这就是有名的焦耳定律。当时焦耳将自己的结论写成论文，送给英国皇家学会。但是这篇文章，一直拖到第二年10月才在《哲学杂志》上登出。

焦耳的性格毕竟与迈尔不同。他谦和大度又极具有韧性。无论社会上承认不承认，重视不重视，他总是自己干自己的，不去听别人论长短，对所遇到的难点他总要弄个水落石出。1843年他测了水电解时产生的热，又测了运动线圈中感应电流产生的热，计算出无论化学能、电能等各种各样的能所产生的热都相当于一定的功，即460千克力/千卡。1845年的一天，他带上自己最新测得的数据和实验仪器，参加在剑桥举行的学术会议。他当场做完实验，非常肯定地宣布：“自然界的力（能）是不能够毁灭的，如果消耗了机械力（能），总能得到相当的热”。台下在坐的都是一些赫赫有名的大科学家，他们对这种闻所未闻的理论一个个听得直摇头，连法拉第也转过身来对

身边的人说：“这恐怕不可能吧。”其中有一人当时便十分恼火。此人叫威廉·汤姆生（1824~1907），后来的英国皇家学会会长，这年才21岁，但已是一个远近闻名的才子了。他父亲是格拉斯大学的数学教授，他8岁就跟随父亲听大学的数学课，10岁就正式考入该大学，后又到剑桥学习，这年刚毕业就获得了数学学士和史密斯奖章，自认为学富五车，才高八斗，那些数理化的规律早就滚瓜烂熟于心。今天听了焦耳的这段奇论，他转身问道：“这台上站着的是哪个大学的教授？”别人告他是曼彻斯特啤酒厂的老板。他鼻子一哼道：“原来是个酿酒匠啊，也配来这里讲演？”说完起身退出了会场。

台下的议论，汤姆生的举动，焦耳自然也都看在眼里听到耳中。但他不将这些放在心上，回到家里继续一边酿酒，一边搞业余研究。他不仅用水来测机械能转化成的热，还换了水银、鲸鱼油、空气，又用铁片摩擦生热，后来又把热功当量精确到423.9千克米/千卡。就这样锲而不舍地进行实验竟持续了近4年，达400多次，其毅力实在是惊人。1847年焦耳终于设计成一种清楚了后来在科学史上很著名的实验，即用一个密封水桶在里面装上浆，浆上有轴，轴与两边的重物相连。这样重物下降便带动浆的转动，从而使桶内的水摩擦生热而通过下降的高度来求热功当量。这年英国科学协会又在牛津召开会议。会议主席一见他来便皱起眉头说：“焦耳先生，你的那些东西据我所知现在还没一票支持，最好不要再浪费时间了。”

“我匆匆赶来正是为了取得支持，我相信经过现场表演，这些聪明的教授会看得懂其中的道理，会支持我的。”

“那好，但实在是时间有限，请只介绍实验，报告就不必做了。”

“可以。”

焦耳将他的仪器摆好，转动摇把，让重物升高下降，又测出桶内水的温度说：“你们看机械能就是这样可以定量地转化为热，反过来1000卡的热也和423.9千克米的功相当。”

他话还没有说完，突然台下站起一个人来高声说道：“这简直是胡扯！热是一种物质，热素，它与功毫无关系。”

焦耳抬头一看说话的正是汤姆生，想不到今天他又来了，真是冤家路窄。现在的汤姆生已是格拉斯大学的教授，春风得意，而比汤姆生大6岁的焦耳却还是一个酿酒匠。焦耳对汤姆生的无礼并不以怨相报，他让自己冷静一下，以一种温和的语调说：“热不能做功，那蒸汽机里的活塞为什么会动呢？能量要是不守恒，那永动机为什么总是造不成呢？”

这个酿酒匠不紧不慢，不软不硬的两句话顿时使会场内鸦雀无声。焦耳虽然没有教授的风度，但是他那酿酒房里特殊训练出来的熟练的操作技巧，精细的计算、推理，全都无懈可击，再加上他那双谦虚的眼睛，诚恳的笑容，使这些教授们不得不认真思考起来，一会儿纷纷起来发言，争论得好不热闹。他们又上前用眼看、手摸，仔细检查了焦耳的仪器，实在是新颖简明，不能不佩服这个啤酒匠的才智。

再说汤姆生自以为聪明多才，不想今天在会上碰了这个钉子，羞愧难当。他回到学校后，也自己动手做起实验来。不久，他在资料室里随意翻阅旧杂志，竟发现前几年迈尔发表的那篇论文，其思想与焦耳完全不谋而合，这才使他大吃一惊。他忙将这篇论文藏在怀里，又带上自己最新的实验结果，急匆匆地赶去见焦耳。他抱定负荆请罪的决心，想请焦耳原谅他过去的傲慢，共同来探讨这个伟大的发现。



却说汤姆生来到啤酒厂里，只见满地酒糟、酒瓶。他打听焦耳，别人指向一所房子，他推门进去，酒气扑鼻，雾气腾腾，只见一个身系帆布围裙的大个子正在指挥工人添料、加水。他一眼就认出这就是两次在台上讲演的那个身影，忙趋前几步说道：“焦耳先生，汤姆生前来拜访您。”焦耳满手酒浆，回头一看，不提防却是他这个论敌。看他这身笔挺的教授服装，一副诚恳的神态，不知出了什么事。忙双手在围裙上抹了两把，喊道：“原来是您，汤姆生教授，快到实验室里去休息吧。”

两人在实验室里坐定。汤姆生打量着他这间堆着酒瓶、酒罐和各种代用仪器的实验室，暗暗被焦耳这种坚韧不拔的精神所折服。待焦耳洗了手，换了衣服，他站起来说：“焦耳先生，看来是您对了，我今天是特来认错的。”

“哪里，哪里。我自己也还有很多地方没有弄通，正要向您求教呢。”

“您看，我是看了这篇论文后，才感觉到你们是对的。”说着就掏出迈尔的文章。

焦耳不看则罢，一看，刚才脸上的喜色顿时消失了：“汤姆生教授，可惜您再也不能和他当面讨论问题了。这样一个伟大的天才因不为人所理解，已经愤而跳楼自杀了。”

“啊？”汤姆生的眼睛睁得鸡蛋似地喊道：“他已经不在人世了吗？”

“在，不过已神经错乱，住进精神病院里，怕难康复了。”

汤姆生低下了头，半天一句话都说不出。一会儿才抬起头，用真诚的目光看着焦耳的眼睛，说：“实在对不起。我现在才知道自己的罪过。过去我们这些人曾给了您多大的压力啊。焦耳先生请您原谅，一个科学家在新观点、新事物面前有时也会表现得非常无知的。”

焦耳连忙上前扶他坐下说道：“汤姆生教授，请不要这样说。这是由于我的实验也有许多不完善之处，难以立即服人。”他为了缓和一下气氛又补充道：“况且我这个人一向会自我解嘲，反正我这里有的是酒，不顺心时喝上几大杯，也就愁云四散了。所以我经常醉，却永不会疯的。”说完他先哈哈大笑了。

从此，焦耳和汤姆生成了一对密友。汤姆生毕竟受过专门训练，1853年他帮助焦耳终于完成了关于能量守恒和转化定律的精确表述。至此，辩证唯物主义得以产生的基础，自然科学中的三大发现之一的能量转化和能量守恒定律宣告得到公认。后来两人又合作发现了著名的汤姆生——焦耳效应，即气体受压通过窄孔后会发生膨胀降温，为近代低温工程奠定了基础。

## 苹果启发了牛顿

伦敦威斯敏斯特教堂安葬着英国各个时期许多杰出的人物，凡是有机会来此地的人，必定会怀着特别激动和崇敬的心情在刻着碑文“伊萨克·牛顿长眠在此”的墓碑前默立，缅怀这位人类万有引力定律的发现者。在牛顿的铸像上刻着古罗马诗人和哲学家卢克莱修的一句话：“他的智慧超人”。这句话充分表达了后世人对于牛顿的天才的钦佩。曾有一些名人对牛顿的科学贡献，作过这样的评价：“牛顿借助万有引力定律而创立了科学的天文学，借助于对光的分解而创立了科学的光学，借助于二项式定理和无穷级数理论而创立了科学的数学，借助于对力的本性的认识而创立了科学的力学。”诺贝尔物理学奖获得者，丹麦原子物理学家玻尔说：“说得正确些，牛顿不仅把

当时已知的全部知识整理归纳在一起，而且是非凡的天才，能够预见到未来的科学发现和科学的进一步发展。”这些评价是一点也不过头，而是恰如其分的。

1642年12月25日的早晨，在英国北部林肯郡的一个名叫乌尔斯索普的村庄里，一个年轻而又虚弱的母亲生下了一个只有3磅重的婴儿。给他接生的产婆甚至没有料到这个瘦弱的、先天不足的、苍白的畸形小孩会活下来。她说：“咳，这么一个小不点儿，我简直可以把他塞进一只杯子里去！”这就是命运将这个叱咤风云的科学家——牛顿诞生到世界上来的那种如同玩笑似的方式。

牛顿是个遗腹子，在他出生前几个月，他的父亲因病去世。3年后，他的母亲为生活所迫改嫁给一个牧师，搬到别的地方，把牛顿交给他的外祖母抚养。直到牛顿14岁时，母亲改嫁后的丈夫病故后，她才重新回到家乡，把牛顿从寄宿学校里接回家来。

少年时代的牛顿爱好数学，注意观察周围的事物，尤其喜欢动手制作各种机械玩具。他把平时省下来的零用钱买了小锯子和铁锤等各种工具，动手模仿或设计制造各种各样的小东西。

有一天，他对房东药剂师的小舅子说：“可以将地下室里的那个木桶给我吗？我将用它做一只钟，我有把握说，你将再不会因为不知道准确时间而迟到了。”于是，他动手做了一只“水钟”。他在木桶里刻了一些线条，桶底开了个小洞，每天早晨，将适量的水注入桶内，等水漏到某一刻线，就是正午，即吃午饭的时候。

离他外祖母家不远的地方，有一架风车。牛顿经常跑到那里去仔细观察，把那个风车的机械原理完全摸透了，他决定自己动手造一架与其不同的风车，要比所有的都好。而且，推动风车转动的，不是风而是动物。他别出心裁地把一只老鼠缚在一架有轮子的踏车上，然后在轮子前面，在这个饥饿的踏车老鼠恰恰可望而不可及的距离处，放上一粒玉米。老鼠想吃玉米，就踏呀，踏呀，使轮子转个不停。牛顿兴奋地叫道：“相信大自然是会叫机械转动的！”

念中学时，校长斯托克斯发现了牛顿，认为牛顿具有超人的理解和观察能力，对牛顿十分器重，牛顿的才华也日益显露出来，在中学里成绩一直名列前茅。

牛顿充满理想，脑子里总想着各种学习问题。母亲让他放牧，他牵马上山，边走边想着天上的太阳，待走到山顶想骑马时，马早已跑得无影无踪了，自己手里只剩下一条缰绳；叫他放羊，他专心致志地在树下看书，以致羊群走散，糟塌了庄稼。舅父叫佣人陪他一起上市场，让他熟悉一下做生意的生意经。但是，每次走近镇子的时候，牛顿便恳求佣人一个人去镇上做生意。他说：“在回来时，你可以到这儿来找我，我将在小树丛后面读我的书。”

每次交易的成功，使牛顿的舅父对生意的真实性起了疑心。一天，他跟踪牛顿上集镇去，发现牛顿伸着腿，躺在草地上，正在聚精会神地研究一个数学问题。牛顿的舅父无可奈何地说：“伊萨克，还是回去念你的书吧！”

1658年，牛顿作了第一次物理实验，测量顺风跳跃和逆风跳跃的距离，为了测验风力，牛顿在暴风雨中跑来跑去，淋得浑身湿透，把他母亲吓坏了，以为他“疯”了。

19岁时，勤奋好学的牛顿以优异的成绩，考入了著名的剑桥大学三一学

院。学院优越的教学设备、众多的图书资料、浓厚的学术气氛，以及许多享有盛誉的老师，使牛顿获益匪浅。大学期间，他更加刻苦攻读，悉心钻研数学、光学和天文学，为后来的重大科学发现打下了坚实的基础。

学院里的巴罗教授发现牛顿具有非凡的才能，推荐他当研究生，并为他指出了攀登科学高峰的方向。1664年，经过考核，巴罗让牛顿做他的助手。第二年，牛顿获剑桥大学学士学位，大学毕业后牛顿留在大学研究室，开始了他的科研生涯。

1665年6月，一场可怕的瘟疫在伦敦流行，剑桥大学被迫停课，牛顿因此回到故乡。在家乡躲避瘟疫的18个月，可以说是牛顿一生中最重要的一个时期。这期间，他系统地整理了大学里学习过的知识，潜心钻研开普勒、笛卡尔、阿基米德、伽利略等前辈科学家的主要论著，还进行了许多科学试验。几乎他所有最重要的发现：万有引力定律、经典力学、微积分、光学等基本上都萌发于这段时期。

万有引力定律的发现是牛顿在自然科学中最辉煌的成就。在乡下时，牛顿非常注意观察太阳、月亮和星辰的运行。脑海里经常长久地思考着一个问题：对于天体的运动能不能从动力学的角度去解释？

1666年的一天，牛顿正坐在花园里的苹果树下专心地思考着地球引力的问题，忽然，一只熟透了的苹果从树上掉下来，正好打中牛顿的脑袋，然后滚落进草地上一个小坑洼里。牛顿顾不得去揉一揉被苹果打疼的脑袋，便被苹果落地这一十分普通的自然现象所吸引。他问自己，苹果为什么不掉向天空，却偏偏落向地面呢？如果说苹果有重量，那么重量又是怎样产生的呢？牛顿进一步思索着苹果和地球之间相互吸引的问题。他想，地球大概有某种力量，能把一切东西都吸向它吧。物体所具有的重量，可能就是受地球引力的表现。这说明苹果和地球之间有相互引力，而这种引力在整个宇宙空间可能都是存在的。他将人们的想象由一只苹果的落地引向了星体的运行。

牛顿思索着，他想：地球的引力如果没有受到阻止，那么月亮是否也会受到地球的吸引力呢？月亮总是按照一定的轨道，绕地球旋转而不会越轨跑掉，不正是地球对它吸引作用的结果吗？他又进一步推想到：各个行星之所以围绕着太阳运转，也必定是太阳对它们的吸引作用产生的。

牛顿在探索苹果落地之谜后得出结论：“宇宙定律就是质量与质量间的相互吸引。”从行星到行星，从恒星到恒星，这种相互吸引的交互作用，遍及无边无际的空间，使宇宙间的每一事物都依照它的既定的轨道，在既定的时间，向着既定的位置运动。牛顿把这种存在于整个宇宙空间的相互吸引作用称之为“万有引力”。

从1665年起，牛顿开始用严密的数学手段来进一步研究物体运动的规律和理论。他从动力学的角度分析认为：开普勒所提出的行星运动的三个定律都是万有引力作用的结果。于是，牛顿从这些定律入手，通过一系列的数学推论，用微积分证明：开普勒第一定律表明太阳作用于某一行星的力是吸引力，它与行星到太阳中心的距离的平方成反比；开普勒第二定律表明作用于行星的力是沿着行星和太阳的连线方向，这个力只能起源于太阳；开普勒第三定律表明太阳对于不同行星的吸引力都遵循平方反比关系。接着，牛顿从对天体运动的分析中，得出普遍的万有引力定律。

牛顿发现万有引力定律后，并没有立即发表这个理论，他仍在冷静地深思和研究。一方面，他要对这个定律的每个环节作出严密的数学论证；另一

方面，还要对这一理论作出切实可靠的实践检验。牛顿克服了巨大的困难，花费了 10 多年的心血，1687 年，在英国著名天文学家哈雷等人的支持和赞助下，牛顿的不朽名著《自然哲学的数学原理》终于问世了。在这部共 500 多页的名著中，包括了极其丰富的内容。牛顿论述了科学研究的方法；木星、月亮、彗星等天体的运动；海水的涨潮和落潮；振动和声波的性质等问题，但贯穿全书并构成全书核心的则是力学的三大定律和万有引力定律。

《自然哲学的数学原理》的出版，标志着经典力学体系的建立。牛顿发现万有引力定律是他在自然科学中最辉煌的成就。从苹果落地到万有引力定律的发表，先后经历了 10 多个年头，凝聚着牛顿多少心血啊！后世的人们，一直把苹果落地的故事当作牛顿发现这一伟大定律的一个标记。在牛顿家的花园里，那棵当年落下苹果击中牛顿头的苹果树，一直被后人精心地护理着，吸引着无数慕名前来的参观者。1820 年，这棵树死后，还被当作珍贵的纪念物，分成好几段，分别保存在英国皇家学会等处。而“苹果落地”的故事则成为科学史上的一段佳话，在民间广为传诵。

牛顿在科学史上的崇高地位是举世公认的。他一生中，不仅为经典力学奠定了基础，而且在热学、光学、天文、数学等方面都作出了卓越的贡献。

在光学方面，牛顿用三棱镜对太阳光进行分析，结果发现当一束日光透过棱镜之后，会产生折射，白色的光散开，成为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种不同颜色的光。他还发现，当把其中任何一种颜色的光再射过第二个棱镜时，它不会再分散成别的颜色的光。而太阳光透过濛濛雨雾，产生彩虹，也是同样的道理。牛顿经过反复实验，细心观察，得出了日光是由有色光组成的结论，从而为现代光谱学奠定了基础。1704 年，牛顿出版了《光学》一书，书中汇集了他研究光现象的全部成果。这部著作至今仍是细密又精确地描写物理实验的典范，而用三棱镜做实验成了经典实验项目，一贯地被应用于物理学上。

在研究光学的基础上，牛顿发明了世界上第一架反射望远镜，使人类对天体的观察进入一个新阶段。1668 年，牛顿造的第一架反射望远镜长 6 寸，直径只有 1 寸，但却可以放大 40 倍，一般 4 呎长的大望远镜都不及他的这台小望远镜。后来，他又做了一台较大的望远镜，并把它送给伦敦皇家学会，上面的题词是：伊萨克·牛顿发明并于 1671 年亲自制造。就在这一年，牛顿就被选为英国皇家学会会员。目前，世界上最大的望远镜都是这种反射望远镜，虽然比牛顿的反射望远镜大了差不多上百倍，但构造与牛顿做的几乎完全一样。1703 年，牛顿当选为皇家学会会长，以后他每年都连选连任，直到 1727 年 3 月 20 日去世。

牛顿一生是独自度过的，没有结过婚。在他青年时代，曾经与他的表妹相恋过。有一次，他轻轻地握着表妹的手，含情脉脉地看着这位美人。正在这紧要时刻，他的心思忽地溜到另一个世界去了，头脑中只剩下了无穷量的二项式定理。这时，已经走神的思想又开了小差，像做梦似的，他的手抓住了情人的一个手指，错把手指当成通烟斗的通条了，硬往烟斗里塞。表妹痛得大叫起来，牛顿这才清醒过来，满面羞愧地连连道歉：“啊！亲爱的，饶恕我吧！我知道，这是不行了。看来，我是该一辈子打光棍的！”就是因为太专心研究学问了，牛顿始终未能解决自己的终身大事。

牛顿似痴似疯地学习和研究，一生闹了许多笑话。一次，牛顿边读书边煮鸡蛋，待他想吃鸡蛋，揭开锅子一看，里面煮的竟是他的怀表。原来，他

脑子里总想着研究的问题，鸡蛋没有放进锅里，却把怀表扔了进去。还有一次，牛顿家里来了一位分别已久的好朋友。牛顿十分高兴，请朋友一同吃饭，菜已摆好，牛顿想起家里还有一瓶高级葡萄酒，便对朋友说：“我有一瓶很好的葡萄酒。让我去拿来一同喝吧！”他请朋友稍等片刻，自己去拿酒。可是，朋友等了好久，仍不见牛顿回来。于是，朋友去找牛顿，发现他正聚精会神地在实验室中埋头搞他的研究呢！原来，牛顿在拿酒的时刻，忽然想起一个问题，需要试验一下，竟把拿酒和请朋友吃饭的事忘得精光。

牛顿，这位为人类科学树立了丰碑的伟大科学家，在临终前谦虚地说：“在科学的道路上，我只是一个在海边玩耍的小孩子，偶然拾到一块美丽的石子。至于真理的大海，我还没有发现呢！”“如果我的见识，真有超过笛卡儿的地方，那也因为我是站在前辈伟人的肩膀上，才能望得远啊！”

## 比重与浮力

古希腊世界最伟大的科学家阿基米德大约出生于公元前 287 年，他的国家是位于南意大利西西里岛的叙拉古。他的父亲是一位天文学家，与叙拉古国王亥尼洛二世有亲戚关系。

阿基米德在 11 岁时，就到埃及的文化中心亚历山大城去学习，进入了欧几里德创办的数学学校，在那里他学习了数学、天文学、物理学等有关方面的知识。

阿基米德在亚历山大城学习一段时间后，顿生思乡之情，便回到了自己的祖国——西西里岛的叙拉古。叙拉古城国王见他在国外留学多年，也不问其学识深浅，一见面就给他出了个难题。原来一年一度的盛大祭神节就要来临了，亥尼洛国王交给金匠一块纯金，命令他制造出一顶精巧、华丽的王冠。王冠制成之后，国王拿在手里掂了掂，感觉有点轻。他叫来金匠问是否掺了假。金匠以脑袋担保，并当面用秤来称，王冠与原来金块的重量一两不差。但是，如果掺上别的东西也是可凑足重量的。国王既不能肯定有假，又不相信金匠的誓言，于是把阿基米德找来，要他解此难题。

一连几天，阿基米德闭门谢客，冥思苦想，由于实心的金块与镂空的王冠外形不一样，不把王冠砸碎铸成金块，便无法求算其体积，也就无法验证是否掺了假，他绞尽脑汁也没有想出一个好办法。

这阿基米德有一个怪毛病，家里桌上有了灰尘，从不让擦掉，他要在桌上画个半天，因为当时还没有纸笔。更有甚者，他还常在自己身上涂画。当时人们用一种特制的泥团当肥皂。这天，他准备洗澡，可是刚脱了上衣，就抓起一团泥皂在肚子上、胸脯上涂画起来，画了三角又画圆，边画边思考那顶恼人的王冠。这时他的妻子走进来，一看就知道他又犯毛病了，二话没说，便一把将他推入浴池。他一面挣扎，一面喊道：“不要弄湿了我的图形！”但是哪由分说，夫人逼阿基米德洗澡，也是常事了。他话音还没落，已“扑通”一声跌入浴池中，夫人掩门而去。谁知这一跌却使他的思路从那些图形的死胡同里解脱出来，他注视着池沿，原来池水很满，他身子往里一泡，那水就顺着池沿往外溢，地上的鞋子也淹在水里，他急忙探身去取。而他一起身水又立即缩回池里，这一下他连鞋也不取了，又泡到水里，就这样一出一入，水也一涨一落。夫人刚走出门外，正要去干别的事，忽听那水池里啪啦啦地响，水唰啦啦地在地上乱流。她停步返身，正要喊：“连洗澡也不会了

啊！”忽然阿基米德光着身子，湿淋淋地冲出门来把她碰了一个趔趄，她忙伸手去抓，滑溜溜地没有抓住。这时，阿基米德已冲到街上，高喊着“优勒加！优勒加！（意即找到了）”夫人这回可真着急了，嘴里嘟囔着“真是疯了，”便随后也追了出去。街上的人不知发生了什么事情，也都跟在后边追着看。阿基米德头也不回地向王宫跑去。

原来，阿基米德由澡盆溢水联想到王冠也可以泡在水里，溢出水的体积就是王冠的体积，而这体积与同等重的金块的体积应该是相同的，否则王冠里肯定有假。也就是说，同等重量的东西如果泡进水里而溢出的水不一样，那肯定它们是不同的物质。每一种物质和相同体积的水都有一个固定的重量比，这就是比重。直到现在，物理实验室里还有一种求比重的仪器，名字就叫“优勒加”，以纪念这一不寻常的发现。

阿基米德跑到王宫后立即找来一盆水，又找来同样重量的一块黄金，一块白银，分两次泡进盆里。白银溢出的水比黄金溢出的几乎要多一倍（现在我们已确切地知道，白银的比重是 10.5，黄金的比重是 19.3）。把王冠和金块分别泡进水盆里，证实王冠里确实是掺了白银。通过这件事，国王对阿基米德的学问佩服至极。

烦人的王冠之谜总算解决了，阿基米德那愁锁的眉头刚刚舒展了一点，可是心里又结上了另一个疙瘩，他的思维永不肯停息。原来，希腊是个沿海国家，自古航海事业发达。阿基米德自从在澡盆里一泡，发现物体排出的水等于其体积后，那眼睛就整天盯住海里各种来往的货船，有时在海滩上一站就是一天。那如痴如醉的样子常引得运货的商人和水手们在他的背后说三道四。这天他和好友柯伦又到海边散步，还没有走多远就停在那里。柯伦知道他又有什么想法了，正要发问，阿基米德却先提出一个问题：“你看，这些船为什么会浮在海上？”

“这很简单，因为它们是木头做的。”

“你是说，只有比水轻的东西才可以浮在水上吗？”

“当然只能如此。”

可是你看那些人从船上背下来的箱子，那些金银玉器，那些刀枪兵器，哪个不比水重，为什么它们装在船上就不会沉到水里？”

柯伦一时答不上来。阿基米德又说：“我要是把一艘船拆成一块块的木板，再把木板和那些货物捆在一起，抛到海里，你说会不会沉入海底？”

柯伦惊得目瞪口呆。

“老朋友，你真的要拆一艘货轮作试验吗？”他知道阿基米德搞起实验来是什么都想得出、干得出的。

阿基米德淡淡一笑说：“不会，不会。”他从柯伦吃惊的眼神里知道自己在别人眼里好像是疯子。“我想，我们总会找到另外的实验办法的。”

从此后，海滩上就再也看不见这一对好友的身影了。原来，他们呆在家里，围着陶盆，要寻找“浮力”。阿基米德把一块木头放在满满一盆水里，陶盆排出的水量正好等于木头的重量，他记了下来；又往木头上放了几块石子，再排出的水又正好等于石子加木头的重量，他也记了下来；他把石头放到水里，用秤在水里称石头，比在空气中称轻了许多；这个轻重之差又正好等于石头排出的水的重量……。阿基米德将身边能浸入水的物体都这样一一试验，终于拿起一根鹅毛笔在一张小羊皮上郑重地写下了这样一句话：

“物体在液体中所受到的浮力，等于它所排出同体积的液体重量。”

接着他将那些实验数据整理好，开始书写一本人类还从没有过的科学新书《浮体论》。这本书当时没有印刷出版，书的手稿在阿基米德死后 2000 年才在耶路撒冷图书馆被人发现。

## 杠杆原理

阿基米德将自己锁在一间小屋里，正夜以继日地埋头写作《浮体论》。这天突然闯进一个人来，一进门就急忙喊道：“哎呀！你老先生原来躲在这里。国王正调动大批人马，在全城四处找你呢。”阿基米德认出他是朝廷大臣，心想，外面一定出了大事。他立即收拾起羊皮书稿，伸手抓过一顶圆壳小帽，随大臣一同出去，直奔王宫。

当他们来到宫殿前阶下时，就看见各种马车停了一片，卫兵们银枪铁盔，站立两行，殿内文武满座，鸦雀无声。国王正焦急地在地毯上来回踱步。由于殿内阴暗，天还没黑就燃起了高高的烛台。灯下长条案上摆着海防图、陆防图。阿基米德看着这一切，就知道他最担心的战争终于爆发了。

原来地中海沿岸在古希腊衰落之后，先是马其顿王朝的兴起，马其顿王朝衰落后，接着是罗马王朝兴起。罗马人统一了意大利本土后向西扩张，遇到另一强国迦太基。公元前 264 年到公元前 221 年两国打了 23 年仗，这是历史上有名的“第一次布匿战争”，罗马人取得胜利。公元前 218 年开始又打了 4 年，这是“第二次布匿战争”，这次迦太基起用一个奴隶出身的军事家汉尼拔，一举擒获罗马人 5 万余众。地中海沿岸的两个强国就这样连年争战，双方均有胜负。叙拉古，则是个夹在迦、罗两个强国中的城邦小国，在这种长期的战争风云中，常常随着两个强国的胜负而弃弱附强，飘忽不定。阿基米德对这种外交策略很不放心，曾多次告诫国王，不要惹祸上身。可是现在的国王已不是那个阿基米德的好友亥尼洛。他年少无知，却又刚愎自用。当“第二次布匿战争”爆发后，公元前 216 年，眼看迦太基人将要打败罗马人，国王很快就和罗马人决裂了，与迦太基人结成了同盟，罗马人对此举很恼火。现在罗马人又打了胜仗，于是采取了报复的行动，从海陆两路向这个城邦小国攻过来，国王吓得没了主意。当他看到阿基米德从外面进来，连忙迎上前去，恨不得立即向他下跪，说道：“啊，亲爱的阿基米德，你是一个最聪明的人，先王在世时说过你都能推动地球。”

关于阿基米德推动地球的说法，却还是他在亚历山大里亚留学时候的事。当时他从埃及农民提水用的吊杆和奴隶们撬石头用的撬棍受到启发，发现可以借助一种杠杆来达到省力的目的，而且发现，手握的地方到支点的这一段距离越长，就越省力气。由此他提出了这样一个定理：力臂和力（重量）的关系成反比例。这就是杠杆原理。用我们现在的表达方式表述就是： $重量 \times 重臂 = 力 \times 力臂$ 。为此，他曾给当时的国王亥尼洛写信说：“我不费吹灰之力，就可以随便移动任何重量的东西；只要给我一个支点，给我一根足够长的杠杆，我连地球都可以推动。”可现在这个小国王并不懂得什么叫科学，他只知道在大难临头的时候，借助阿基米德的神力来救他的驾。

可是罗马军队实在太厉害了。他们作战时列成方队，前面和两侧的士兵将盾牌护着身子，中间的士兵将盾牌举在头上，战鼓一响这一个个方队就如同现代的坦克一样，向敌方阵营步步推进，任你乱箭射来也丝毫无损。罗马军队还有特别严明的军纪，发现临阵脱逃的立即处死，士兵立功晋级，统帅

获胜返回罗马时要举行隆重的凯旋仪式。这支军队称霸地中海，所向无敌，一个小小的叙拉古哪里放在眼里。况且旧恨新仇，早想进行一次彻底清算。

这时由罗马执政官马赛拉斯统帅的四个陆军军团已经挺进到了叙拉古城的西北。现在城外已是鼓声齐鸣，杀声震天了。在这危急的关头，阿基米德虽然对因国王目光短浅造成的这场祸灾非常不满，但木已成舟，国家为重，他扫了一眼沉闷的大殿，捻着银白的胡须说：“如果单靠军事实力，我们决不是罗马人的对手。现在若能造出一种新式武器来，或许还可守住城池，以待援兵。”国王一听这话，立即转忧为喜说：“先王在世时早就说过，凡是你说的，大家都要相信。这场守卫战就由你全权指挥吧。”

两天以后，天刚拂晓，罗马统帅马赛拉斯指挥着他那严密整齐的方阵向护城河攻来。今天方阵两边还预备了铁甲骑兵，方阵内强壮的士兵肩扛着云梯。马赛拉斯在出发前曾口出狂言：“攻破叙拉古，到城里吃午饭去。”在喊杀声中，方阵慢慢向前蠕动。照常规，城头上早该放箭了。可今天城墙上却是静悄悄地不见一人。也许是几天来的恶战使叙拉古人筋疲力尽了吧。罗马人正在疑惑，城里隐约传来吱吱呀呀的响声，接着城头上就飞出大大小小的石块，开始时大小如碗如拳一般，以后越来越大，简直有如锅盆，山洪般地倾泻下来。石头落在敌人阵中，士兵们连忙举盾护体，谁知石头又重，速度又急，一下子连盾带人都砸成一团肉泥。罗马人渐渐支持不住了，连滚带爬地逃命。这时叙拉古的城头又射出了密集的利箭，罗马人的背后无盾牌和铁甲抵挡，那利箭直穿背股，哭天喊地，好不凄惨。

阿基米德到底造出了什么秘密武器让罗马人大败而归呢？原来他制造了一些特大的弩弓——发石机。这么大的弓，人是根本拉不动的，他就利用了杠杆原理。只要将弩上转轴的摇柄用力扳动，那与摇柄相连的牛筋又拉紧许多根牛筋组成的粗弓弦，拉到最紧时，再突然一放，弓弦就带动载石装置，把石头高高地抛出城外，可落在1000多米远的地方。原来这杠杆原理并不是简单使用一根直棍撬东西。比如水井上的辘轳吧，它的支点是辘轳的轴心，重臂是辘轳的半径，它的力臂是摇柄，摇柄一定要比辘轳的半径长，打起水来就很省力。阿基米德的发石机也是运用这个原理。罗马人哪里知道叙拉古城有这许多新玩艺儿。

就在马赛拉斯刚被打败不久，海军统帅古劳狄乌斯也派人送来了战报。原来，当陆军从西北攻城时，罗马海军从东南海面上也发动了攻势。罗马海军原来并不十分厉害，后来发明了一种舷钩装在船上，遇到敌舰时钩住对方，士兵们再跃上敌舰，变海战为陆战，占一定的优势。今天克劳狄乌斯为了对付叙拉古还特意将兵舰包上了一层铁甲，准备了云梯，并号令士兵，只许前进，不许后退。奇怪的是，这天叙拉古的城头却分外安静，墙的后面看不到一卒一兵，只是远远望见几副木头架子立在城头。当罗马战船开到城下，士兵们拿着云梯正要往墙上搭的时候，突然那些木架上垂下来一条条铁链，链头上有铁钩、铁爪，钩住了罗马海军的战船。任水兵们怎样使劲划桨都徒劳无功，那战船再也不能挪动半步。他们用刀砍，用火烧，大铁链分毫无损。正当船上一片惊慌时。只见大木架上的木轮又“嘎嘎”地转动起来，接着铁链越拉越紧，船渐渐地被吊起离开了水面。随着船身的倾斜，士兵们纷纷掉进了海里，桅杆也被折断了。船身被吊到半空后，这个大木架还会左右转动，于是那一艘艘战舰就像荡秋千一样在空中摇荡，然后有的被摔到城墙上或礁石上，成了堆碎片；有的被吊过城墙，成了叙拉古人的战利品。这时叙拉古



的城头上还是静悄悄的，没有人射箭，也没有人呐喊，好像是座空城，只有那几副怪物似的木架，不时伸下一个个大钩钩走一艘艘战船。罗马人看着这“嘎嘎”作响的怪物，吓得全身哆嗦，手腿发软，只听到海面上一片哭喊声和落水碰石后的呼救声。克劳狄乌斯在战报中说：“我们根本着不见敌人，就像在和一只木桶打仗。”阿基米德的这些“怪物”原来也是利用了杠杆原理，并加了滑轮。

经过这场大战，罗马人损兵折将，还白白丢了许多武器和战船，可是却连阿基米德的面都没见到。

### 柏克勒尔发现放射线

1895年底，德国物理学家伦琴发现了一种穿透力很强的射线，因对它的性质不了解，所以取名X射线。发现X射线的消息传开以后，全世界都轰动

了。1896年1月20日，法国科学院举行的星期一例会上，著名的数学家、物理学家彭加勒介绍了伦琴的发现，还展出了X射线的照片。他的报告引起了与会者的极大兴趣。会后，法国物理学家柏克勒尔匆匆赶回自己的实验室。他和他的父亲长期以来一直在研究荧光现象，他们发现，有些物质在太阳光照射下会发出荧光来。这一发现导致今天的许多应用：日光灯又叫荧光灯，因为它的灯管内壁上涂了一层荧光粉；夜光表的12个时针点上都涂有荧光粉，经过白天光照后，它们在夜里就能发光……听了彭加勒的报告后，柏克勒尔觉得有必要验证一下，荧光物质是否也能发射X射线。

2月初，柏克勒尔开始了他的实验。他取来一瓶荧光物质——黄绿色的硫酸双氧铀钾，这种物质在阳光的照射下会发出荧光，柏克勒尔想知道它们是否会同时发出X射线。他仿照伦琴检验X射线的方法，把一张照相底片用黑纸包得严严实实，再把一匙荧光粉倒在纸包上，然后拿到阳光下去晒一会儿。柏克勒尔将荧光粉再倒回到瓶里去，然后拿着包着一张底片的黑纸包进了照相暗房，经冲洗发觉底片被感光了，它的上面是那匙荧光粉的几何影子。柏克勒尔知道，太阳光和荧光都不能穿透黑纸使底片感光。现在底片已感光了，这说明荧光粉经太阳照射后确实能发射X射线，因为只有X射线才能穿透黑纸使底片感光。于是柏克勒尔在2月24日的科学院例会上，简要地报告了这一发现。

为了在下一例会上作正式报告，柏克勒尔准备再做一次实验。但是天公不作美，从2月26日开始连续几天阴雨。他只好扫兴地把荧光粉和用黑纸包得严严的照相底片一起放进写字台的抽屉里，等待天晴。关上抽屉时他顺手把一把钥匙压在黑纸包上，边上就放着那瓶荧光物质。

3月1日天气放晴，柏克勒尔准备着手进行新的实验。细心的他在实验之前特地抽出两张底片检查了一下，看看是否会漏光。抽查的结果使柏克勒尔大为震惊：两张底片都已曝光，其中一张上还有那把钥匙的影子！这是怎么回事？底片用黑纸包好后是放在抽屉里的，又是连续几天阴雨，根本照不到太阳光，那瓶荧光物质也不射出荧光，为什么底片会感光呢？

经过仔细的分析，柏克勒尔猜想，可能硫酸双氧铀钾本身会发出一种看不见的射线，这种射线也像X射线一样，能穿透黑纸使底片感光。在3月2日科学院的例会上，柏克勒尔激动地宣布了这个新发现，并且声明原先他的

推论是不合理的。其实，在日光照射后硫酸双氧铀钾射出的荧光中，并不含有 X 射线。柏克勒尔最初在阳光下做的实验，实际上也是放射性射线使底片感光，只不过他误以为是 X 射线罢了。

3 月 2 日例会后，柏克勒尔又精心设计并做了一系列实验。他对这种铀盐晶体加热、冷冻、研成粉末、溶解在酸里等作物理或化学上的加工，他发现只要化合物里含有铀元素，就有这种神奇的贯穿辐射。柏克勒尔还用纯金属铀做试验，发现它所产生的放射性要比硫酸双氧铀钾强三、四倍。他把这种放射线称为“铀射线”。在 5 月 18 日的科学院例会上，柏克勒尔宣布，铀或铀盐会自发放射出射线（铀射线）。这是一种新的、由原子自身产生的射线，这种射线的强度并不因为加热、冷却、粉碎、溶解等物理或化学上的影响而发生变化，换句话说，这种射线非常“我行我素”，不管外界对它施加何种影响，它始终如一地发出射线。柏克勒尔的这一重大发现和伦琴发现的 X 射线一起，敲响了人类迎接原子时代来临的钟声。为此，柏克勒尔获得了 1903 年度的诺贝尔物理学奖。

事后有人认为，柏克勒尔发现放射现象纯属偶然。我们该怎样来看待这件事呢？当然，那几天正好遇上阴雨，这是偶然因素。但是，柏克勒尔做实验十分细心，临做之前还抽查底片，这就不是偶然的事，而应当归功于他严格的科学态度。如果他只做一次实验，或者不抽查底片，也就不可能成功了。事实上，与柏克勒尔几乎在同一时期，另一位科学家也发现底片跟硫酸双氧铀钾放在一起会被感光。但是，他认为这没有什么可研究的，就把这一现象轻易地放过去了。

法国著名的科学家巴斯德说过一句至理名言：

“在观察的领域中，机遇只偏爱那些有准备的头脑。”

柏克勒尔是一个“有准备的头脑”的杰出科学家，所以在仔细观察周围的事物时，就有了重大的发现。

## 欧姆与他的定律

$I = \frac{U}{R}$  是欧姆定律的数学表达式，这是物理学中的一个最重要、最普遍的电流定律。这个给人以和谐感觉的数学表达式是如此简单明了，它表明：导体中的电流强度 I 它两端的电压 U 成正比，跟它的电阻 R 成反比。这个以欧姆的名字命名的电流定律发表于 1827 年。

在我们今天看来，这个定律是如此简单，然而它的发现过程却包含了发现者欧姆的无数心血。在欧姆那个时代，电流强度、电压等概念都尚不清楚，特别是电阻的概念还未形成，测量的仪器也很简陋，根本无法对它们进行十分精密的测量。在欧姆的整个研究过程中，也几乎没有机会跟他那个时代的其他物理学家进行交流，欧姆定律的发现完全是独立进行的，欧姆历尽种种艰辛，经受了一个又一个的挫折，最终，他的发现得到了科学界的普遍承认，开始被人们所接受。由此，欧姆荣获伦敦皇家学会科普利金质奖章，被誉为“天才的发现者”。

1787 年 5 月 16 日，欧姆出生于德国巴伐利亚州的埃尔兰根。欧姆的父亲是个技术熟练的锁匠，十分喜爱哲学和数学。在父亲的熏陶和良好的启蒙教育下，欧姆从小就养成了认真读书，喜欢独立思考的好习惯，同时受到有

关机械技能的训练，为他日后自制仪器，进行科学研究打下了良好的基础。

欧姆对学习一丝不苟，喜欢刨根问底地提问题。有一次，欧姆读一本书时，发现其中有些内容和其他的书不一样，就去向父亲讨教，父亲也未能说清为什么。为了搞清楚，他去翻阅了许多书，并仔细琢磨，直到最后把这个问题弄明白为止。

中学毕业后，欧姆以优异的成绩考入埃尔兰根大学，并获得了博士学位。在大学学习期间，欧姆就对电学产生了浓厚的兴趣，开始钻研有关电学的理论。

大学毕业后，欧姆先后在几所中学任教，教过数学、物理、拉丁语等课程。1811年至1812年，欧姆应母校的聘请，回埃尔兰根大学任教。后来，他又被聘为科隆大学预科的讲师，讲授数学和物理学。欧姆深入浅出的讲解，雄辩的口才，使他的课深受学生欢迎，在学生中享有很高的威望。1817年，欧姆被提升为科隆大学理工学院数学物理系主任。自1820年起，他开始系统地研究电学理论。

欧姆的研究工作是在十分困难的条件下进行的。一方面，他要完成繁忙的教学任务，另一方面，当时的图书资料和测量仪器都很缺乏。但是欧姆毫不畏缩，他利用教学工作之余，自己动手设计和制造仪器进行电流试验。

当时，在电的研究中，科学家们隐约地感觉到电流有一些神秘的规律，但由于没有一种稳定的电源，也没有一种较精确的测量电流强度的仪器，致使探索电流规律的工作十分艰难。

欧姆进行电流试验，碰到的第一个难题就是如何测量电流的强度。1799年，意大利物理学家伏打发明了伏打电池，它为科学家们提供了能产生持续电流的电源。欧姆起初用伏打电池作为电源，但由于当时技术水平较低，伏打电池很容易极化，因而测量很不稳定。1821年，德国物理学家施威格利用电流的磁效应发明了检流计。这种仪器主要是用来检验电流的有无。从施威格的检流计中，欧姆受到启发，他把电流的磁效应与库仑扭秤法巧妙地结合起来，创造性地设计出一个电流扭力秤。

欧姆用扭力秤来测量电流所产生的磁场对磁针的作用力矩，以此来确定电流强度。从初步的实验中，欧姆发现电流对磁针的作用力与导线的长度有关。为了确定它们之间的定量关系，欧姆做了反复的实验。

欧姆将磁针的中点用金属丝悬挂起来，使磁针平行地位于导线的上方。当导线通有电流时，电流的磁场使磁针偏转。若将金属丝扭转，磁针便重新返回原来的位置。因为磁针所在处，直线电流所产生的磁感应的强度正比于导线中的电流强度。它对磁针的作用力矩等于磁针处的磁感应强度与磁针磁矩的乘积，所以扭力秤中金属丝的扭转角正比于导线中的电流强度。根据扭转角的大小，欧姆就能相对地比较不同的电流强度。

在欧姆定律发现之前，还没有电阻的概念。但是，已经有一些科学家对金属的导电率进行了研究。1821年，英国化学家戴维发现：对于同一种金属导线来说，它的导电率与其单位长度的质量成正比。1825年，法国物理学家贝克勒尔对同种金属制成的，粗细和长度不同的导线进行了测试，发现当它们的长度之比等于其横截面面积之比时，其“导电力”相

欧姆选择了一组截面积相同，长度不同的铜导线作为外电路进行了实验。从实验的数据中，欧姆发现：当导线的长度与其横截面面积成比例时，它们的导电率的确相等，而被测导线的长度越长，电流扭力秤的偏转角越小，

两者之间则存在着反比的关系。经过多次反复实验，欧姆发现了检流计指针的偏转量和导体长度、串接材料的电阻率、以及与所加电压之间的关系。1825年，他总结了自己的实验，撰写并发表了题为《金属导电规律的初步探索》一文。

在论文排版付印过程中，欧姆发现论文中的公式与试验结果并不完全一样。于是他立即与出版商联系，要求更改。由于论文大部分已印好，出版商不肯重印，只同意另外补发一篇短文来纠正论文中的错误。欧姆没办法，只得勉强接受这个建议。论文和短文同时发表了，短文补充了导体趋近无穷长时，流经电路的电流趋近于零的事实。

后来，欧姆发现论文中推出错误公式的原因是由于伏打电池的问题，使电源电压不够稳定。后来，他改用了塞贝克的温差电池作为电源，保证了电源的稳定性。欧姆继续进行试验，终于发现电流通过一根均匀导线时，其电势降落是一个常数。

1826年，欧姆的第二篇论文《金属导电规律的确定及伏打电池和施威格检流计的理论要点》发表了。第二年，又发表了第三篇论文，题目是《伽伐尼电池的数学论述》，终于总结出了欧姆定律。欧姆定律从发表至今，已170余年了，无数的实践都证明了它的正确性，它已成为现代电学和电工学最基本的规律之一。

然而在当时，欧姆的研究公布后，不仅没有立即引起科学界的重视，甚至科学学会根本不同意他的见解，理由是欧姆的定律公式太简单了。他们片面地认为第一流科学家都未能解决的问题不会如此简单。有些人甚至对欧姆进行了公开的指责，把欧姆定律斥之为纯属空洞的编造，没有任何一点事实基础。德国的一位物理学家在文章中攻击欧姆的著作说：“以虔诚眼光看待世界的人不要去读这本书，因为它纯然是不可置信的欺骗，它的唯一的目的是要亵渎自然的尊严。”

这些不公正的评价，使欧姆深深地感到从事科学事业的艰难。他含辛茹苦，熬过了多少不眠之夜，无数次的反复试验论证，结果竟遭到如此攻击，甚至有些人都不敢和他来往了。在这段处境艰难的日子里，欧姆辞去了科隆大学数学物理系主任的职务，前往柏林，在柏林军事学院任教师，每周上三次数学课。

然而，在责难和诽谤中欧姆并不气馁，1829年3月30日写信给国王路德维希一世陈述他的发现的重要性和正确性。国王把信转给了巴伐利亚科学院，仍未引起重视。欧姆在给朋友的信中诉苦道：“《伽伐尼电路》的诞生已经给我带来了巨大的痛苦，我真抱怨它生不逢时，因为深居朝廷的人学识浅薄，他们不能理解它的母亲的真实感情。”

欧姆完全相信自己得出的公式是正确的，并确信科学家们最终会接受这一定律。真理终归是真理，欧姆的这一发现被人们逐渐认识并接受了。德国最早承认欧姆定律的是施威格，欧姆的大部分论文都发表在施威格主办的《化学和物理杂志》上。他在给欧姆的信中，热情地鼓励说：“请你相信，在乌云和尘埃后面的真理之光最终会透射出来，并含笑驱散它们。”

后来，一些科学家开始注意欧姆定律。德国科学家波根多在试验中重复了欧姆的研究过程，得出了和欧姆相同的结果，波根多再次重复了试验，结果仍相同。这使波根多相信欧姆发现的定律是正确的。1831年，波根多发表文章肯定了欧姆的研究成果。随后，俄国、英国、美国的一些著名科学家都

相继重复了欧姆的实验，都证明了欧姆研究成果的正确性。

真正“驱散乌云和尘埃的”“风暴”来自英国。1841年，即欧姆发表第一篇论文后的第16年，英国伦敦皇家学会为了表彰欧姆的杰出贡献，授予他科普利金质奖章，这是当时科学界的最高荣誉，从此，欧姆定律开始被人们接受。

1845年，欧姆当选为巴伐利亚科学院院士。1849年，年已62岁的欧姆终于实现了自己年轻时的抱负，担任慕尼黑大学教授，并亲自在慕尼黑大学讲授物理学。1854年，欧姆在德国曼纳希逝世。一颗灿烂的巨星陨落了，但他的伟绩长存。他的名字被定为电阻的单位，他发现的定律被称为欧姆定律。

## 发现电压

电压的发现也是一个意外。在1786年的一天，意大利解剖学教授伽伐尼正在实验室解剖青蛙，妻子当他的助手，在一旁侍候。只见他手中的解剖刀一刀下去切开青蛙的腰部，再一刀下去剥出腰部的神经，他又顺手抄过一把精巧的黄铜小钩，一钩穿了过去，随手递给妻子，吩咐挂将起来。妻子顺手将这死青蛙挂在实验桌上的一根横铁棍上。当伽伐尼将第二只青蛙剥开皮正准备再下刀时，突然妻子惊叫一声：“天啊！青蛙又活了。”她顾不得满手的血污，一把抓住伽伐尼的手臂，叫他快看这个“显灵”的青蛙。只见那只靠近铜钩的蛙腿正在一张一弛，抽搐不停。

伽伐尼朝这只青蛙凝视片刻，自语道：“我这半生也不知杀过多少青蛙，从来还没有见过这么耐活的小精灵，再剥一个试试。”伽伐尼又吩咐妻子再取几只青蛙来，手起刀落，游刃如电，一刹时便有五只青蛙也倒挂在横铁棍上，只见这五只青蛙又都伸开它们的右腿，整齐地一紧一松在抽搐，又像是在向教授夫妇做着友好的招手，这回妻子可真有点怕了。她返身抱住伽伐尼，瞪着大眼说道：“亲爱的，怕是我们荼毒生灵太多，上帝在发出警告吧。”伽伐尼却手握刀柄靠着实验台陷入一阵沉思。一会儿他慢慢地说：“上帝如果给宇宙以灵魂，这灵魂是什么呢？是电。”他像突然来了灵感，一把抓住妻子大声说：“这话是德国哲学家谢林说的，电是宇宙的动力，宇宙的灵魂，无处不有。摩擦时就能发现琥珀、丝绸上的电，富兰克林发现了空中的电，我们又发现了青蛙身上的电。”他将解剖刀往桌上一摔，高喊着：“我们又发现了一种电——动物电。”

1793年的一天伽伐尼来到英国皇家学会表演他的新发现。因为这是继富兰克林之后，人们在电知识方面听到的又一个爆炸性新闻，所以这天皇家学会的报告厅里人们都纷纷前来，观看这场奇怪的魔术。只见伽伐尼在台上布置好一个实验桌，还和那天一样打横放一根细铁棍，上面挂上一排铜钩，将青蛙解剖后一个个往上挂，那蛙腿也就尽如人意，轻轻动弹起来，直看得在座的这些名教授、学者一个个目瞪口呆。实验完了，伽伐尼又讲了一番凡动物身上都带电的道理。

不想说者无心听者有意，在台前听讲看表演的有一个中年人，虽目不转睛地看伽伐尼操作，却不肯跟着人们说一句好。这人是谁呢？他也是意大利人，叫伏打（1745~1827）。伏打从小聪慧好学，尤其爱钻研刚刚起步的电学，24岁时就发表了一篇关于莱顿瓶的论文，引起人们的注意，到1777年发明了电盘，一下又闻名世界，并成为教授。他已经是个电学行家了，今天

搞医学解剖的伽伐尼竟在这皇家学会讲起电学发现来，他哪能服气。他想，谁知那些青蛙是真死假死，有电无电，等我回家去亲自试验一下再说不迟。

数月后，伏打也向皇家学会送来一个报告，说关于什么动物电，纯是胡编乱造，并说他已经解开这个谜，也要求表演。几天后他真的又在上次伽伐尼表演的地方摆起了擂台。这天自然又是人头攒动，水泄不通。伏打照样端来一盘活蹦乱跳的青蛙，也一一杀死剥好，横挑竖挂起来。他做完这些后说：“诸位请到近处一看，哪条蛙腿还会动弹一下？”这时人们真地围了上去，有的还带上夹鼻眼镜，果然一排青蛙就像泥捏纸剪似的，纹丝不动了，一个个不禁瞠目结舌。这时伏打才放下刀子，陈述他的道理：

“上次伽伐尼教授说死蛙腿会动是青蛙身上有动物电，其实那是一种错觉。这几日，我仔细研究了一下，伽伐尼教授实验时，是用铜钩钩起青蛙，再挂在铁棍上，实际上只要是不相同的金属接触就会产生微弱的电流。蛙腿的动便是这种电流刺激的结果，而不是它自身带电。你们大概还没有注意今天我在这里用的是铁钩、铁棍，而同一种金属就不会产生电，蛙腿自然也就不会动了。可见伽伐尼教授的动物电一说不能成立。”

这时人群里挤出一个人来，大声说：“伏打先生，你有什么根据肯定动物电不存在呢？”

伏打抬头一看，不觉吓了一跳，问话的正是伽伐尼本人。这个老头子今天怎么也从意大利赶来了呢？他忙陪个笑脸回答道：“要找根据吗？我刚才的实验就是根据，你看蛙腿不是已经全不动了吗？”

“你刚才的表演是真是假，我回头再去检查，现在我先请你看一样东西。”

伽伐尼说完向后一挥手，立即，他的两个助手从人堆中挤出，抬过一个大大木桶来。只听里面噼啪作响，像有什么东西在动。伽伐尼将盖子打开，说声：“伏打先生请看。”原来是一条1米长的大鱼。伏打看这阵势一下摸不着头脑，说：“伽伐尼先生，你是不是要让我解剖这条鱼？”

“大可不必，一解剖你又会扯到什么铜钩、铁棍上去。我现在只要你伸手摸一下这条活鱼，我们的实验即可见分晓，不知你敢不敢。”

“这有什么不敢！”伏打想，这一生就是吃鱼也不知吃了多少，难道还怕摸吗？便卷起袖子伸手向那鱼尾抓去。说时迟那时快，伏打的手也还没弄清是否碰到鱼尾巴，就听他“哎呀”一声，连忙缩了回来，又觉全身麻酥酥的，这位电学教授知道自己是中了电。

伽伐尼忙上前一步将他扶住说：“伏打先生，你今天应该相信确实是有动物电了吧。幸亏我今天带来的鱼小，要是我带一条几米长的大鱼来，你今天真要没命了。”说着他又转向那些吃惊的人群说：“自从上次表演之后，我又做了几次实验，证明动物自身是带电的，我带来的这条鱼叫电鳗，在它的头部两侧的皮肤里就各藏着一个由纤维组织组成，并由神经纤维相连接的蜂窝状发电器。它就是靠放电击倒强敌、捕捉食物的……”

再说伏打这时才从这突然一击中清醒过来，他听着伽伐尼的讲演，看着那些专家、教授。一般听众一窝蜂似地拥到伽伐尼的周围，今天这场表演倒像是专门为伽伐尼组织的。眼见着自己设的擂台成了别人炫耀的场所，心里好不窝火，无奈眼下一时又否定不了伽伐尼的动物电说，他只好快快收兵。

这次伏打摆擂台受辱后回到意大利帕维亚大学，从此闭门不出，发誓要钻出个名堂后重摆擂台。他就这样埋头干了7年。终于又有一项新的发现。

他将一个金属锌环放在一个铜环上（银环更好），再用一块浸透盐水的纸或呢绒环压上，再放上锌环，铜环，如此重复下去，10个、20个、30个叠成了一个柱状，便产生了明显的电流。这就是后人所称的伏打电堆或伏打柱。这柱叠得越高，电流就越强。这是为什么呢？原来伏打经过实验创立了一个了不起的电位差理论。就是说不同金属接触，表面就会出现异性电荷，也就是说有电压。他还找到了这样一个序列： $\oplus$  铝、锌、锡、镉、铋、铊、汞、铁、铜、银、金、铂、钯 $\ominus$ 。在这个序列中任何一种金属与后面的金属相接触时，总是前面带上正电，后面带负电。这是世界上第一个电气元素表。只要有了电位差、电势差，即电压，就会有电流。这样人们对电的认识一下就跃出了静电的领域，就不再是摩擦毛皮上的电，雷雨中的电，莱顿瓶里的电，也不只是动物身上的电，而是能控制流动的电。伏打堆也就成了最早的电池、电流发生器。

伏打的这一发明一经传出去，欧洲的科学杂志上几乎每期都是关于伏打电堆实验的报告，人们竞相试制这新奇的玩艺。俄国科学院有个院士叫彼得罗夫，他想这金属环既然是越叠得多产生的电流就越大，我何不就多多地往上叠呢。他一下就叠加了4200个，创造了当时伏打电堆的世界之最，并且还出版了一本书，那书名大概是世界上最长的即：《关于物理学家彼得罗夫在圣彼得堡外科医学院借助有时由4200个铜环与锌环构成的巨大电池组所作的伽伐尼——伏打实验的消息》。当时伏打电堆热的情况可见一斑。

在这种电学新突破的狂热之中，这次不用伏打自己去设擂台了，巴黎科学院主动邀请他去作一次表演。1801年11月，伏打带着他的仪器来到巴黎，不只是法国的科学家和一般人士，就连伦敦那些当年看过他与伽伐尼斗法的人们也有赶来看热闹的。面对着桌子上瓶瓶罐罐，环环片片，伏打先不做实验，却离开桌子，向前一步，对观众说：“在作实验前，请允许我先向七八年来一直在和我激烈争论的伽伐尼教授致以崇高的敬意。很不幸的是他在三年前就离开了人世，今天不能和我们共享发现的欢乐。虽然我们观点不同，但如若没有他的启发和驳难就不会有我今天的发现。我永远感谢他，我们永远不能忘记他。”

伏打今天表演的发明又有了改进，它已不是一个个金属柱，而是一个个并列的玻璃缸，里面放上稀酸，每个缸都是这边放进铜片，对面放一块锌片，两个缸之间用导线相连，而形成一整体。它产生的电流比那金属环叠起的伏打柱又大了很多。伏打把这装置接好后说：“我们现在就可看到这样产生的电流，第一，它能将水分解。”说着伏打将电池的两极插入水中，这时竟顺着极板的一边冒出了氢气，另一边冒出了氧气。这时台下的人不由喝起彩来。

伏打接着说：“第二，另一边还能从金属溶液里将金属重新捞出来。”说着，伏打又将电极插入蓝色的铜矾水溶液中，一个电极上便很快出现一层红色的铜，而且那铜极纯，是我们平常很难见到的。

伏打就这样津津有味的一项一项地报告着他的新发现，台下的人也早就被他牵走了魂，会场上时而议论纷纷，惊叹不绝，时而又鸦雀无声。

后来，人们在伏打死后，为纪念他的功绩，而以他的名字“伏”来作为电压的单位。

## 大气压

有句成语这样说：“重如泰山，轻如鸿毛”。泰山之重是显而易见的，有比鸿毛还轻的东西吗？有！那就是空气。现在知道，水的密度是 1，做羽绒服的羽绒的密度大约是 0.23，而空气的密度却只有 0.0128 左右。空气实在太轻了，在许多场合下它的存在都被人们忽略不计了。

最早注意到空气有重量的是意大利的物理学家伽利略。他将一个空瓶（当然里面有正常气压的空气）密封起来，放在天平上与一堆砂子平衡。然后，他设法用打气筒向那个瓶子打进更多的空气，并再次密封。当伽利略把这只瓶子再放回到天平上时，这时的瓶子比那堆砂要重一点，只有再往砂堆里加添一两颗小砂子，天平才会平衡。伽利略推断，瓶子重量增加是由于里面的空气增多了的缘故，因此，空气是有重量的。虽然伽利略科学地测定空气是有重量的，但他却无法解释“大自然讨厌真空”这个老问题。

罗马时代以来，人们就注意到一个现象：用来输送水的水管，当它们跨越高度在 10 米以上的山坡时，水就输不上去了。在超过 10 米深的井里，抽水机便不起作用了。人们早就知道只要把水管里的空气抽掉，造成一个真空，那么水就会沿着水管往上流。他们无法解释水为什么会往上流，而不是通常那样“水往低处流”，就借用古希腊学者亚里士多德的名言“大自然讨厌真空”来解释。粗一想也对，大自然是不让真空存在的，一旦真空出现就让水来填补，于是水就被抽上来了。真空出现到哪里，水就跟到哪里。可是，为什么水到了 10 米高的地方就再也上不去了呢？尽管 11 米、12 米处也存在真空。对此，伽利略只能解释说是大自然的那种“厌恶”是有限度的，到了 10 米以上的真空，它就不厌恶了，因而水就再也抽不上去了。“智者千虑必有一失”，伽利略对抽水问题的解释过于牵强附会，使他没有触及到问题的实质。

伽利略的学生托里拆利把老师的思想推进了一大步。他认为，既然空气有重量就会产生压力，就像水有重量会产生压力和浮力一样。正是空气的压力把水从管子里往上压，压到 10 米的高度时，水柱的重量正好等于空气的压力，水再也压不上去了。为了证实这一点，托里拆利设计了一个实验并让自己的助手维维安尼帮助去做。

要用 10 米高的水管做实验是很不方便的，因为它有三四层楼那么高，怎样观测呢？托里拆利聪明地利用比水重 13.6 倍的水银来作试验。他叫人制作了一根 1 米长的玻璃管，一端封闭，一端开口。维维安尼将水银灌满管子，然后用手指堵住开口的一端，将管子颠倒过来使开口的一端朝下，再放进一个盛满水银的陶瓷槽里。当他松开按住管子的手指时，管里的水银很快下降，当水银降到距槽里的水银面 76 厘米高度时，就不再降低了。换算一下就可以得到，76 厘米高的水银柱产生的压强，正好等于 10 米水柱产生的压强。这个实验形象地显示出，水银槽里水银表面所受到的大气压强，刚好等于 76 厘米高的水银柱所产生的压强。托里拆利设计的这个实验装置，成了世界上第一个测量大气压强的气压计。后来，气象报告中的气压单位也曾沿用多少厘米（或毫米）水银柱高来表示。

大气有压力这是肯定的，这压力究竟有多大？这方面最为生动的例子发生在德国。1645 年的一天，德国东南部的雷根斯城轰动了：皇帝大驾光临，百姓倾城出动，为的是观看一个名叫盖利克的人表演。

广场上站立着 16 匹雄壮的骏马，分成左右两队，每队各 8 匹马。它们彼



此背向排列，用铁链和绳索牵引着一个直径为 25 厘米的青铜真空球。这只球是盖利克事先在当地铁匠铺定做的，它由两个半球合拢而成，两个半球的边缘做得十分平整，因此能紧密地合在一起而不会漏气。表演一开始，盖利克先用抽气机将铜球内的空气抽光，然后他下命令给两边的马夫。只听“啪”“啪”两声鞭响，左右两边的马夫拼命往前赶马，谁知这些骏马虽然使足了力气往前拉，就是拉不开那由两个半球合在一起的青铜球。

皇帝和百姓们都看呆了。盖利克向大家解释说“这里面没有什么魔力，主要是铜球表面所受到的大气压力把它们紧紧压在一起。不信的话，把空气再放回到铜球里面去，使两边的压力相等，就很容易把钢球打开了。”说着，他用双手左右一拉，铜球确实轻易地打开了。

多么神奇的大气压！

## 电和电流的发现

在人们的生产劳动和日常生活中，每天都离不开“电”。夜间，电流通过电灯，发出明亮的光，照亮了千家万户，照耀着城乡大地；人们坐在电视机前，欣赏着精彩的文艺演出，观看激动人心的体育比赛；在钢铁厂、石化厂、自来水厂等各种工厂里，是电流使各种机器开动，生产着各种钢铁、化工产品和饮用水、纺织品等人们必需的产品；微机、电冰箱、空调机、微波炉等和人们生活关系密切的电器，皆离不开“电”；地铁、电车满载着乘客，行驶在城市的各条道路上……。

人们和电的关系是这么密切，电又是这样的神通广大，那末，“电”和“电流”到底是什么？“电”和“电流”又是怎样发现的？

人们用梳子梳理干燥的头发时，常常令听到劈劈啪啪的响声，如果是在黑暗中，还会看到一些细小的火花。你也许不会想到，这些小小的火花却和天上耀眼的闪电是亲姐妹；那种勉强才能听见的劈啪声，却和隆隆的雷声是亲戚。如果这时将梳子放到一撮小纸屑的旁边，小纸屑就会被梳子吸起来。这种现象在我们日常生活中都会碰到，在很多年前，就已为古代的人们所发现。

远在 2500 多年前，古希腊有一个叫塞利斯的人发现，用毛皮去摩擦琥珀（一种天然宝石），这块被摩擦过的琥珀能吸引一些像绒毛、麦秆等一些轻小的东西。那时候的人们无法解释这种现象，只好说：琥珀中存在一种特殊神力。他们把这种特殊神力称作“电”。这个词就是从希腊文的“琥珀”这个词演变而来的。

公元 1600 年，英国医生吉尔伯特（1544～1603）发现用摩擦的方法不但可以使琥珀具有吸引轻小物体的性质，而且还可以使不少别的物体如玻璃棒、硫磺、瓷、松香等具有吸引轻小物体的性质。他把这种吸引力称为“电力”。

吉尔伯特是当时英国女王伊丽莎白一世的御医，也是一位有代表性的科学家。他受过医学教育，后定居伦敦，于 1573 年开始做医生，为病人治病。由于他的医术比较高明，被召进皇宫，于 1601 年做了英国女王伊丽莎白一世的保健医生。女王逝世后，他又被任命为詹姆斯一世国王的医生。在他行医期间，他又去从事物理学方面的研究。他做了多年的实验，发现了“电力”，“电吸引”等许多现象，并最先使用了“电力”、“电吸引”等专用术语，

因此许多人称他是电学研究之父。他的主要著作《论磁石、磁体和地球大磁石》全面论述了对磁体和电吸引的全部研究工作。

在吉尔伯特之后的 200 年中，又有很多人做过多次试验，不断地积累对电的现象的认识。其中，1734 年法国人杜伐，做了一些用玻璃棒与丝绸摩擦、松香与毛皮摩擦的试验，在这些试验中，他发现有两种不同性质的电，一种是把玻璃棒用丝绸摩擦，玻璃棒能吸起像纸屑、木屑之类的轻小物体，这种吸引力称为带电现象。他将这根玻璃棒用丝线悬挂起来，再将另一根与丝绸摩擦过的玻璃棒靠近它，发现这两根棒相互排斥，于是他就把玻璃棒带的电，称为“玻璃电”（即正电）；另一种是把松香用毛皮摩擦也产生带电现象，把用毛皮摩擦过的松香靠近用丝绸摩擦过的玻璃棒，发现这两者相互吸引，于是他称松香所带的电为“松香电”（即负电）。这就是人们所讲的同性电相互排斥、异性电相互吸引的现象。杜伐发现了这些现象，也作了最早的理论解释。尽管这种解释很粗浅、带点形而上学的性质，但毕竟比不想去解释为好。

此后，观看电的实验成为人们的一种娱乐。在欧洲几乎每一个国家都有一大批人以进行这种带电的实验和表演这些实验让人们观赏、赚钱谋生。1745 年，普鲁士（德国的前身）的一位副主教克莱斯特做了一个很有趣的实验。他利用一根导线将摩擦起电装置上的电引向装有铁钉的玻璃瓶，使瓶子充电，当他的手触及铁钉时，突然感到猛烈的一击。这是一次放电现象，铁钉上聚集的电穿过人体（人体就是一种导体），使人感受到强烈的电的震动。1746 年，荷兰人莱顿在上述实验的启发下做成了莱顿瓶。

什么是莱顿瓶？莱顿瓶是一个玻璃瓶，瓶的外面和瓶内均贴上像纸一样的银箔，把摩擦起电装置所产生的电用导线引到瓶内的银箔上面，而把瓶外壁的银箔接地，这样就可以使电在瓶内聚集起来。如果用一根导线把瓶内的银箔和瓶外壁的银箔连接起来，则产生放电现象，引起电火花，发生响声，并伴随着一种气味。

古希腊的一位科学家亚里士多德在所著的《动物志》一书中曾描述过一种能够放电击毙小动物的电鳐。18 世纪中叶有人把这种鱼带到英国，引起当时生物学家很大的兴趣，当人用手去碰这种鱼的头部或身体的下部时，便会感到猛烈的一击（即电击），于是人们就想起了刚刚发明不久的莱顿瓶，它就像这种鱼一样，只要用导线把瓶内外的银箔连接起来，就可以放电、引起电击。此后，这种电击来自放电，便没有人怀疑了。尽管 18 世纪初，人们已经发明了验电器，可以判断一个物体是否带电，但在当时人们仍往往用自己的身体去检验电是否存在，甚至有不少人以能受一次电击为荣。

18 世纪中叶，在大洋彼岸的美国，大电学家富兰克林又做了多次实验，进一步揭示了电的性质，并提出了电流这一术语。富兰克林是第一个享有世界声誉的美国科学家，尽管他取得科学上的成就的时候美国还没有独立。他同时又是著名的社会活动家和政治家。在美国进行独立战争时期，他是积极的支持者和参加者。他是美国资产阶级民主革命时期著名纲领性文件《独立宣言》的三个起草人之一。他是 1781 年美国 and 英国谈判的代表。他之所以取得这么大的成就，主要是靠自学得来的。他家境贫寒，幼年曾做过印刷业的学徒工人，尽管学徒工待遇低，工作劳累，但他却是一个“手里有一点小钱都花在书上”的人。他只要有一点空余时间就读书，在 30 岁以前就已熟读了有名的物理学家波义尔和牛顿的著作。由于他勤奋学习，虽然没有进大学受

高等教育，却在科学领域里有所作为，并获得了许多有名大学的荣誉学位。他于 1753 年先后得到美国历史最悠久的大学——哈佛大学和耶鲁大学的荣誉学位。他还是新大陆第一个长期性的科学团体——美国哲学学会的主要奠基人。

富兰克林的第一个重大贡献，就是发现了“电流”。他在 1747 年给朋友的一封信中提出关于电的“单流说”。他认为电是一种没有重量的流体，存在于所有的物体之中。如果一个物体得到了比它正常的份量更多的电，它就被称之为带正电（或“阳电”）；如果一个物体少于它正常份量的电，它就被称之为带负电（或“阴电”）。根据富兰克林的说法，经常移动的是正电。所谓放电就是正电流向负电的过程。富兰克林的这个说法，在当时确实能够比较圆满地解释一些电的现象，但对于电的本质的认识与我们现在的看法却相反。现在的看法认为：两个物体互相摩擦的时候，容易移动的恰恰是带负电的电子，如果它们是导体，由于人本身也是导体，过剩的电子或短缺的电子很容易从导体（人体）传到地下或得到补偿，因而摩擦后不显电性。如果互相摩擦的物体都是绝缘体（即不导电的物体），经过摩擦，电子从一方移向另一方，于是双方就都带电了，一方带正电，一方带负电，二者电性相反，电量相同。

富兰克林对电学的另一重大贡献就是通过 1752 年著名的风筝实验“捕捉天电”，证明天空的闪电和地面上的电是一回事。他用金属丝把一个很大的风筝放到云层里去。金属丝的下端接了一段绳子，另外金属丝上还挂了一串钥匙。当时富兰克林一手拉住绳子，用另一手轻轻触及钥匙。于是他立即感到一阵猛烈的冲击（电击），同时还看到手指和钥匙之间产生了小火花。这个实验表明：被雨水湿透了的风筝的金属线变成了导体，把空中闪电的电荷引到手指与钥匙之间。这在当时是一件轰动一时的大事。很多人都在重复富兰克林的这一实验。为什么富兰克林的这一实验会引起这样的轰动？因为当时社会上对于雷电有一种恐惧心理，大多数人认为雷电是“上帝之火”，是天神发怒的表现。富兰克林在美国费城的实验惊动了教会，他们斥责他冒犯天威，是对上帝和雷公的大逆不道。然而，他仍然坚持不懈，而且在一年后制造出世界上第一个避雷针；终于制服了天电。由于教堂高高耸立的塔尖常被雷电所击，教会为了保护教堂，最终也不得不采用了这个“冒犯天威”的装置。以前电一直被人们当作一种娱乐手段，从此总算找到了实际的应用价值。

富兰克林的这个实验，不仅在美国有很大的影响，而且影响到世界其他国家。1753 年，俄国科学家里希曼在屋顶上装了一根导线通到实验室，想用验电器来观察雷电现象。那时正逢雷雨交加，一个火球从上面传了下来，结果里希曼遭雷击而死亡。因此，富兰克林的风筝实验的影响，足以使每个电学家避免这种无谓的牺牲。

电流现象的研究，对于人们深入研究电学和电磁现象有着重要的意义。现在我们知道，电流就是电荷向一定方向的移动。在金属导体中的电流是靠自由电子的运动来形成的。电流通过电路时，会产生许多新的效应。如电流通过电灯的时候，电灯就发热发光；电流通过电风扇的时候，电风扇就能转动。电流可使蓄电池充电；可带动电焊机作功……。这些现象表明，电流也是一种能量传输过程，电能可以通过各种特定的器件转化为其他形式的能量。

电流可存在于固体、液体或气体中。雷电现象，就是人们最早注意到大气中的电流现象。富兰克林传奇式的风筝实验使人们了解到雷电和摩擦带电的关系。随着避雷针的发明，逐渐消除了人们对雷电的恐惧心理。但在 18 世纪末之前，人们对电流现象的认识也仅到此为止，基本上仍然是一无所知。

那么，最早开始电流研究的是哪一位科学家呢？意大利的解剖学教授伽伐尼（1737~1798）被人们认为是最早开始电流研究的人。据记载，伽伐尼的发现是一次偶然性的发现。1780 年的一次极为普通的闪电现象，引起了他的思考。这次闪电使伽伐尼解剖室内桌子上与钳子和镊子环接触的一只青蛙腿发生痉挛现象。严谨的科学态度使他没有放弃对这个“偶然”的奇怪现象的研究，他花费了整整 12 年的时间，研究像青蛙腿这种肌肉运动中的电气作用。最后，他发现如果使神经和肌肉同两种不同的金属（例如铜丝和铁丝）接触，青蛙腿就会发生痉挛。这种现象是在一种电流回路中产生的现象。在这里，蛙腿的肌肉是导体回路的一部分，肌肉和两种不同的金属丝构成了世界上第一个电流回路。肌肉的痉挛表明有电流通过，起到了电流指示器的作用。根据这种现象，他还制成了“伽伐尼电池”。但是，伽伐尼对这种电流现象的产生原因仍然未能回答，他认为蛙腿的痉挛现象是“动物电”的表现，由金属丝构成的回路只是一个放电回路。

伽伐尼的看法在当时的科学界引起了巨大的反响，人们自然地联想到海洋当中的一些带电的鱼，如电鳗、电鲰，人们在海中如果被这种鱼触及身体，也会有电击的感觉。这说明在一些动物体内也贮存着电。但是，另一位意大利科学家伏打（1745~1827）不同意伽伐尼的看法，他认为电存在于金属之中，而不是存在于肌肉中，他于 1782 年在写给朋友的信中说：“关于所谓动物电，您是怎样考虑的呢？我相信一切作用都是由于金属与某种潮湿的东西相接触才发生的”。两种明显不同的意见引起了科学界的争论，并使科学界分成两大派，他们的论战十分激烈，每一方都指责对方是异端邪说，标榜自己观点的正确。争论的结果是伏打的见解占了优势。但很可惜，因为伽伐尼于 1798 年就因病去世了，他再也不能知道这场争论的胜负，再也听不到争论的结果了。

1800 年春季，即 19 世纪第一个年头的春天，有关电流起因的争论有了进一步的突破。怎么会引起这种突破呢？这又要从伏打说起，伏打在他自己看法的指导下发明了著名的“伏打电池”。这种电池是由一系列圆形锌片和银片相互交迭而成的装置，在每一对银片和锌片之间，用一种在盐水或其他导电溶液中浸过的纸板隔开。银片和锌片是两种不同的金属，盐水或其他导电溶液作为电解液，它们构成了电流回路。现在看来，这只是一种比较原始的电池，是由很多锌电池连接而成为电池组。但在当时的历史时期，伏打能发明这种电池确实是很不容易的。

伏打电池可以说是伏打赠给 19 世纪的宝贵礼物。他的这个发明为电流效应的应用开创了前景，并很快成为进行电磁学和化学研究的有力工具。由此，伏打和与他同时代的别的国家的不少科学家，得出了各种有趣的结果，当时的报纸和杂志上不时登出各种各样新发现的消息。有了电池，英国的化学家戴维（1778~1829）才有可能奠定电离理论基础，并且分离出钠、钾、锶、硼、钙、氯、氟、碘等元素，促进了化学的发展，并进而促使他的助手法拉第建立了电解定律。

伏打虽然发明了电池装置，但并不了解这种装置的道理。戴维阐明了这

种装置的道理，指出这类电池的电流来自化学作用。但不管怎样，伏打的发明使人们第一次获得了可以人为控制的持续电流，为今后电流现象的研究提供了物质基础。伏打本人由于这项贡献，被许多国家的科学院选为院士，据说 1801 年法国的拿破仑曾亲临现场观看了伏打的实验表演，并授予他一枚特制的金质奖章，以表彰他发现电流的贡献。

## 污膜之谜

在 1892 年的一天，著名科学家泰勒用一架照相机拍照，等拍完后他才发现镜头上有一层污膜，镜头已经严重地失去了光泽。为了得到满意的照片，他只好把脏镜头擦拭干净，重新拍了一张。几天之后，底板冲洗出来了，他惊奇地发现，用脏镜头拍出来的照片反而比用干净的镜头拍出来的清晰得多。这个现象，他实在感到莫名其妙。他把这个意想不到的发现告诉朋友们，可是谁也不相信这是真的。这个偶然的发现，当时并没有引起人们的注意。污膜之谜就留了下来。

40 年后，这件事传到了科学家鲍尔那里，他觉得泰勒发现的现象有进一步探索的价值。他反复地做了许多实验，但是都不成功。后来，鲍尔设法把溴化钾镀在石英上，在石英表面形成一个薄膜。当他对薄膜上的反射光和透射光进行分析以后发现，反射光中失去了某些波长的光，而这些光正是透射光中所多出来的；而透射光中所缺少的成分，正是反射光中所多出来的。这个发现使鲍尔非常高兴，因为他找到了污膜之谜的答案了。

原来，污膜之谜就是由于光的薄膜干涉所造成的。当光波射到镜头上的污膜时，一部分光波在它的前表面反射出来，另一部分光波射入污膜又从它的后表面反射了出来。由于这两列反射光波频率相同，所以能发生干涉现象。如果污膜的厚度恰好等于绿光波长的四分之一时，则两列反射光波的路程差等于绿光波长的二分之一，由于它的波峰与波谷叠加，使波的振动互相抵消，反射的绿光减少了，透射到镜头里的绿光就得到增强。照相机的感光片跟人眼睛里的视网膜一样，对绿光最敏感，微弱的绿光就能使它感光，但对紫色、红色的光反应就很迟钝。泰勒所用照相机镜头上污膜的厚度恰好等于绿光波长的四分之一，则绿光在反射中相干相消，而使透射光增强。由于透过镜头的绿光多一些，照片自然就会清晰得多。若把污膜擦拭下去，镜头表面光亮了，它就成了很好的反射面，则透过绿光的部分反而减少，因此照片就模糊了。

人们通过实验和理论研究发现，透镜的每一个反射表面，至少把大约 4% 的直射光反射回去，一块透镜有两个表面，那么光线通过透镜时，至少有 8% 的光被反射回去而损失掉。在现代的光学仪器中，如摄影机、电影机等，一个镜头要由几片甚至十几片透镜组成，这样由于光线的反射造成的总损失就大多了。例如潜水艇使用的潜望镜，是用 20 多个棱镜组成的，共有 40 多个反射面，若每个反射面至少有 4% 的反射损失，再加上一些其他的吸收损失，最后进入观察者眼睛里的光只有原来的 10% 左右了。由于透过光少得可怜，观察者通过潜望镜看到外界物体的像既暗又不清晰。照相机镜头也是由几个透镜组成的，每个透镜表面的反射光会在各个反射面上来回反射，产生害处很大的杂散光。这些杂散光造成感光片上出现阴影、杂影光斑和双像，使成像的质量大大降低了。

怎样消除表面反射造成的后果呢？人们在透镜和棱镜的表面涂上一层薄膜（一般用氟化镁），当薄膜的厚度等于入射光在薄膜中波长的  $1/4$  时，在薄膜两个表面上反射的光，路程差恰好等于半个波长，由于干涉互相抵消。这样大大地减少了光的反射损失，增大了透射光的强度。因此，人们把这层薄膜叫做“增透膜”。

人射光一般是白光，是由各种不同波长的单色光复合而成的。增透膜不可能使所有波长的反射光都互相抵消。因此，在确定薄膜厚度时，应该使光谱中间部分的绿色光，在垂直入射时其反射光完全抵消。这样光谱边缘部分的红光和紫光并没有显著削弱，所以有增透膜的光学镜头呈淡紫色。

登山队员所戴眼镜上也涂一层薄膜，这层薄膜起什么作用呢？

我们知道，太阳光照射到雪地上，会产生强烈的漫反射。反射光中的紫外线可以伤害人的眼睛，强烈的绿光对眼睛的伤害也很大，它们使人头晕目眩，甚至使人双目失明，这就是所谓的“雪盲”。用什么办法来预防“雪盲”呢？人们在眼镜表面镀一层氟化镁的薄膜，当薄膜的厚度恰好等于绿光在薄膜中波长的  $1/2$  时，则绿光在薄膜两个表面上的反射光路程差等于一个波长，因而产生的干涉加强，增大了绿光的反射损失，减少了透射光的强度。眼镜上这层干涉滤光膜就像忠诚的门卫，把伤害眼睛的光拒之门外，保卫着眼睛的安全！

## 宇宙射线的发现

1912 年，奥地利科学家赫斯通过实验发现了宇宙射线。他的这一发现，不仅解决了困惑物理学界 100 多年的难题，而且开辟了基本粒子研究的新领域，因此有极其深刻的历史意义。由于这一重大发现，1936 年赫斯获得诺贝尔物理学奖。

1785 年，法国物理学家库仑发现，放在空气中的带电体会逐渐地失去电荷。当时，人们已经知道空气是良好的绝缘体，是不导电的。那么，带电体上的电荷为什么会丢失呢？无法解释。因此，空气漏电问题在此后一个多世纪里始终是物理学界中的一个谜。

1896 年，法国物理学家贝克勒尔在一个偶然的发现中发现含铀矿物能放出穿透能力很强的射线，同时实验探测技术也有了很大提高，使物理学家们受到启发，才又重新把注意力放在空气漏电问题的实验研究上。1900 年威尔逊用密闭的验电器进行大气漏电率的测量，发现在黑暗中和漫反射的日光中漏电率相等，并且正、负电荷漏电率也相等。同年，德国科学家盖特和埃尔斯特在不同高度和不同天气条件下做了同样的实验，发现带电体在晴天的漏电率比雾天大，离地面高处的漏电率比在低处大，高处负电荷的漏电率比正电荷大。他们的实验结果表明，空气中存在着某种来历不明的离子源。该离子源在空气中每立方厘米、每秒钟产生约 20 个离子对。1903 年，卢瑟福分别用铅、铁和水作屏蔽物，试图隔断离子源与验电器的联系。实验结果出乎意外，如果屏蔽层很薄，对漏电性没有什么影响，加屏蔽层厚度，漏电率减小，但只能减小 30% 左右。通过实验分析，卢瑟福认为空气的漏电性是由于某种辐射造成的，并且这种辐射放出的带电粒子有很强的贯穿能力。那么，这种辐射是地球上天然放射性物质产生的吗？于是，人们把实验放在高空去做，以避免地面放射物质的影响。1910 年伍尔夫制作了一台灵敏度很高的静

电计，在距离地面 300 多米的埃菲尔铁塔上做实验，发现空气的漏电率减小了，但仍然无法排除空气被电离。此时，有的学者猜想，这种辐射不是来自地球本身，可能是来自地球之外，但因实验证据不足，无法证实。

完成这一重大发现的任务就落到赫斯的肩上。赫斯 1883 年生于奥地利，父亲是林业工人。他于 1910 年在格拉茨大学获得博士学位。

赫斯在前人研究的基础上，吸取他们的经验教训。一方面改进了探测仪器，用密闭的电离室代替静电计；另一方面准备乘气球进入高空测量大气的漏电率。当时，由于缺乏遥测技术，必须由实验者携带探测仪器，乘气球一同升入高空，所以有一定危险性。

1911 年，赫斯带着改进的仪器，进行首次高空探测。当气球升到 1070 米时，赫斯测得大气的漏电率，与地面上基本相同。因而他初步断定，在高空已经排除了地面放射性的影响，那么引起空气漏电的原因必然在地面以外。从而更加坚定了他进行高空探测的信心。1912 年，赫斯又进行了 7 次高空探测。尤其是最后一次，为了让气球升得更高，给气球充以氢气，使实际上升的高度达到 5350 米。探测结果表明，在 1500 米以下，大气的漏电率与地面基本相同，随着高度的增加，大气的漏电率明显增大。这一发现意义非同寻常，因为它说明地球之外确实存在着辐射源，这种辐射源放射出贯穿本领很强的射线，它能到达大气层的下面使密闭的验电器导电，这就是地面上空气漏电的真正原因。

在赫斯实验之后，柯尔霍斯特为了证实赫斯的结论，在 1913 年和 1914 年又进行了多次高空探测，气球上升高度达到 9300 米，探测仪器更精密，测量结果也更准确。探测结果给赫斯的结论以强有力的实验支持。

1936 年，赫斯在获得诺贝尔物理奖时，他说：“1912 年，我曾利用气球升到高空进行探测，密闭容器中的电离是随地面高度的增大而减小，即地球中的放射性物质的影响减小了。但是在高于 1000 米时，电离达到地面观测值的数倍。当时我得出结论说，这种电离可能是由于迄今还不知道的穿透能力很强的辐射从外部空间进入地球大气引起的。”这种未知的辐射最初被称为“赫斯辐射”，后来密立根把它命名为“宇宙射线”，意即来自地球之外的宇宙空间的高能粒子流，简称“宇宙线”。

通过几十年的研究，人们把在地球大气层外的宇宙射线叫做“初级宇宙射线”，其成分主要是质子，其次是  $\alpha$  粒子，还有少数轻原子核。它们的能量极高，可达  $10^{13}$  电子伏特以上。它们进入大气层后，跟空气中的原子核发生碰撞，引起核的分裂并产生一系列其他粒子，通过这些粒子与周围物质的相互作用和自身的转变，产生了“次级宇宙射线”，其成分中有 2/3 以上是介子，它的穿透本领很大，甚至可穿过 1000 米的深水；另外主要是电子和光子，穿透本领较小。

人们对宇宙射线的研究已有 80 多年的历史，但远未终结。到目前为止，我们对宇宙射线的来源还不清楚。著名物理学家海森堡曾经说过：

（宇宙）射线的研究已经推进了我们对物理学基本问题的理解。……因为宇宙射线包含了最小尺度（基本粒子）和最大尺度“宇宙”中物质行为的信息。”

## 发现电子

原子到底是什么？它是否确实存在？自从古希腊唯物主义哲学家德漠克利特最早提出这个概念以来，一直是物理学家争论不休的问题。伊萨克·牛顿设想原子为某种微小台球的东西，目的是为了说明他的由运动中的质量组成机械宇宙。他在1704年写道：“在我看来，可能是上帝最初把物质造成紧密、有质量、坚硬、不可分的活动粒子，其大小、形状和其他性质，以及它们对空间的比例都最符合于制造它们的目的。”量子论的创始人马克斯·普朗克则根本怀疑原子的存在。牛津大学名誉校长，出任过三次英国首相，四次外相的索尔兹伯里侯爵（1830~1903）1894年还说道：“每种元素的原子是什么，是不是一种运动，或一件东西，或一个旋涡，或一个具有惰性的点，它的可分是否有限度，如果有，限度是怎样造成的，元素的长串名单是否是最后的，它们之中的一些是否有共同的起源，所有这些问题都一直像过去那样深深地笼罩在黑暗之中”。然而这一切，随着X射线和放射性的发现，原子的秘密即将揭开，20世纪上半叶，基本科学的巨大惊人事件将在物理学中发生。

英国剑桥大学有个卡文迪许实验室，是为了纪念1810年去世的著名科学家卡文迪许而建立的，它创建于1874年。第一任实验室主任就是伟大的物理学家麦克斯韦，他创建了电磁理论，并指出光是电磁波。第二任主任是瑞利，他和拉姆赛一起发现了空气中的惰性气体。1884年，汤姆生作了第三任实验室主任，在获悉伦琴、贝克勒尔等人的发现后他立即着手研究阴极射线。

卡文迪许实验室有各种精密的物理学仪器，有研究电磁学的光荣传统。汤姆生在研究了普吕克、希托夫、古德斯坦以及克鲁克斯的工作以后，他想：既然阴极射线是带电的粒子，又能够被磁场和电场偏转，那么就可以利用这个特点来测定阴极射线的速度、质量和电荷。

汤姆生设计了一个阴极射线管，在管子一端装上阴极和阳极，在阳极上开了一条细缝，这样一来，通电后阴极射出的阴极射线就穿过阳极的细缝成为细细的一束，一直射到玻璃管的另一端。这一端的管壁上涂有荧光物质，或者装上照相底片。

在射线管的中部装有两个电极板，通上电压以后就产生电场。电场越强，阴极射线通过电场后偏转就越大。电场强度和偏转程度都可以测量出来。

这时候在射线管外面又加上一个磁场，这个磁场能使阴极射线向相反的方向偏转。调节电场和磁场的强度可以使它们对阴极射线的作用正好相互抵消，结果阴极射线不发生偏转。

汤姆生测量了在这种情况下电场和磁场的强度，利用物理学定律计算出了阴极射线的速度。这速度非常快，大约是每秒三万公里（相当于光速的 $1/10$ ）。

接着他又测量了组成阴极射线的带电粒子的电荷和质量的比值，发现这种带电粒子的质量非常小，大约是氢原子的质量的 $1/2000$ 。

汤姆生作了许多实验。他用金、银、铜、镍等各种金属作阴极，他测量了不同阴极上射出的带电粒子，发现它们的电荷和质量的比值都是一样的。他又把不同的气体：氢气、氧气、氮气……充到管内，阴极上射出的带电粒子的电荷和质量的比值还是一样的。

这就说明了一个非常重要的问题：不管阴极的射线是由电极产生的还是由管内气体产生的，结果都一样。也就是说，在各种物质中都有一种质量约为氢原子质量的 $1/2000$ 的带负电的粒子。这个实验是1897年10月完成



的。

1897年4月30日，汤姆生在英国皇家学会讲演的时候曾经指出：阴极射线是从阴极烧热而放出的带负电的粒子，并被吸至阳极。这些粒子能被电场所偏移，并能被磁场弯折成曲线轨道。它们远比氢原子轻，并且如果将管内充入气体，它们也都相同而“不管放射通过什么气体”。由于它们比已知的最轻的物质还要轻，而且不管是从什么物质产生的都一样，因此它们一定是物质的某种基本组成部分，如果它们只是一部分，那么就必定有一个整体。真实的物质电子意味着真实的物质原子，这就第一次用物理实验具有说服力的证实了物质的粒子学说。在卡文迪许的年度宴会上，他们歌唱J·J·汤姆生的成功：

粒子现在获胜了，  
而且自由跑掉了，  
变成阴极射线了。

有了电子这个武器，并且从别的实验知道，当一个原子剥掉了其电子时，剩余物是一个质量很大并带正电的东西，汤姆生在下一个10年里着手研究一种原子模型，后来被称为“葡萄干布丁”模型。汤姆生的原子，“若干带负电的粒子包含在一个带均匀正电的球内”，像葡萄干在布丁里，它是一个混合体，包括粒子形的电子和弥漫着的其他物质。这个模型的有益之处是可以用数学方法证明电子在原子内能排列成稳定的结构，而这种数学上的稳定安排可以说明化学元素的相似性和规律性，如同元素周期表所显示出来的那样。开始了解到元素间的化学亲和力是电子造成的，化学最终是电作用。

关于电，从18世纪以来，许多科学家都在研究。他们认为电也有一种最小的粒子，并且起名叫做电子。如今，汤姆生真的发现了这个电的小微粒——电子。

阴极射线实际就是高速的电子流。后来人们又发现，炽热的电灯丝也会发射电子，光照在某些物质上也会发出电子，电子在各种物质中都有，它是原子的组成部分。后来人们更精密地测定了电子的质量，它是氢原子质量的 $1/1837$ 。

现在大家都公认，是汤姆生在1897年正式发现了电子。这是19世纪末最伟大的发现之一。20世纪是电子时代，是原子时代。电子的发现撩开了原子神秘的面纱，为人类打开了这个新时代的大门。

要知道，汤姆生的实验装置实际上就是电视显像管的前身。尽管电视显像管十分复杂，但基本原理却是一样的。在今天，你可以在放映电视的时候作一下汤姆生的实验，只要拿一块磁铁放在显像管旁边，就会看到电视的映像变了形状。这是因为磁场对显像管中的电子束起了偏转作用。

### 揭开原子结构秘密

1871年8月30日，恩内斯特·卢瑟福出生在新西兰的纳尔逊市附近的一个小村子里。父亲是个小农场主，是英国移民的后裔，家里有12个孩子。父母亲省吃俭用送他上学，由于卢瑟福学习刻苦，成绩优秀，总是名列前茅，因此他一直获得了奖学金。1892年他从新西兰大学毕业。这段艰苦求学的经历培养了卢瑟福一种认准了目标就百折不挠勇往直前的精神！

由于他对磁学方面出色的研究，得到一笔奖金，这才使他于1895年秋天

能前往英国，在剑桥大学卡文迪许实验室任主任、著名的物理学家约瑟夫·约翰·汤姆生教授门下当一名研究生。汤姆生非常欣赏卢瑟福的才能，1898年加拿大麦克吉尔大学物理学教授空缺，学校派专人前往英国物理学人才最集中的卡文迪许实验室来聘请教授。汤姆生虽然不愿放走崭露头角的卢瑟福，但他还是向加拿大方面热情地推荐了自己的得力助手。汤姆生在推荐信中写道：“在独创性的科学研究中，我从未见过有比卢瑟福先生更加热情和干练有为的学生。我认为，不论哪所大学若请到卢瑟福先生去担任物理学教授，将是十分幸运的。”就这样，27岁的卢瑟福前往加拿大担任物理学教授，他在麦克吉尔大学工作了9年，把原来无足轻重的物理系建成了驰名世界的物理实验室，在他精心的指导下，一群学生各自探索科学中的许多领域，发表了具有世界水平的论文达50多篇。

在加拿大工作期间，卢瑟福研究了天然放射性现象，并取得了巨大成就。1899年，他发现铀放射出来的射线是多种多样的。他让这些射线垂直于磁感应强度的方向通过磁场，根据射线被磁场偏折的程度，他判断出有一种射线是带正电荷的，另一种射线是带负电荷的，第三种射线根本不带电。卢瑟福用希腊文的头三个字母给这三种射线命名，分别称为α射线、β射线和γ射线。后来，他进一步研究提出，带正电的α射线就是氦原子核，带负电的β射线就是高速电子流。

在麦克吉尔大学工作期间，卢瑟福还发现了新的放射性元素钷。1902年，他发现放射性元素在放出射线以后，其放射性强度会逐渐减弱，最后变成另一种元素。在实验的基础上，他提出了放射性元素的衰变理论。因此，在1908年，卢瑟福获得了诺贝尔化学奖。他对自己不是获得物理奖而是获得化学奖而感到意外，他在得奖演说中风趣地说：“我竟摇身一变，变成一位化学家了。”并幽默地说：“我现在从一个物理学家向一个化学家的变化是我到目前为止所见到的最快的变化。”

1907年，卢瑟福回到英国，应聘担任了曼彻斯特大学的物理学教授。他以赶超剑桥大学卡文迪许实验室为自己的奋斗目标，以充沛的精力和惊动全世界的科学成就，使曼彻斯特大学第一次成为全世界的科学中心之一。

在曼彻斯特大学工作期间，卢瑟福最大的科学成就之一是提出了原子的核式结构学说。事情是这样的，汤姆生发现电子的事实，使人们打破了原子是不可分割的物质最小单位的概念。既然电子是从原子中出来的，那么除电子之外，原子中还有什么东西呢？电子在原子中又是怎样分布的呢？为了说明原子的结构，汤姆生提出了一个原子模型。他认为，既然原子从整体上看是中性的，而电子是带负电荷的，所以原子中必定有等量的正电荷存在。为了说明原子的稳定性，他假设电子均匀地分布在原子内的正电荷中，并在平衡位置附近振动。人们俗称汤姆生的原子模型为“葡萄干蛋糕模型”。当时，许多人认为汤姆生的模型已经成功地解决了原子结构的问题。而卢瑟福则认为，要了解原子中有什么东西，最好是用“炮弹”打到原子中去试探一下。他所选用的“炮弹”就是α粒子。1909年，卢瑟福的助手盖革和马斯顿进行了著名的“α粒子散射实验”。他们用α粒子去轰击很薄的金箔做的靶子，并通过荧光屏记数来观测穿过金箔的α粒子被金原子散射的情况。实验表明，绝大多数α粒子笔直地穿过金箔，有少数α粒子发生了偏折，只有极少数α粒子发生了大角度的偏折，甚至被反弹回来。如果根据汤姆生的模型来计算，根本不可能出现向后反弹的α粒子。事后卢瑟福回忆道：“在我的

一生中，那是一件最难以置信的事。这就像你发射了一颗 38 厘米口径的炮弹射向一张薄薄的卫生纸时，却被那张纸弹回来而打在你身上一样不可置信。”但是，实验事实是毋庸置疑的。始终把实验看得高于一切的卢瑟福认为，汤姆生的模型与实验事实不相符。于是，在 1911 年，他提出了“小太阳系”的原子模型：“原子的中心有一个核心，叫做原子核。电子围绕原子核在不停地旋转，原子质量的绝大部分以及原子内的全部正电荷都集中在原子核上。”卢瑟福根据“ $\alpha$  粒子散射实验”发现了原子核，这件事具有重大科学意义。他因为开创了原子核物理学这一新领域，被人们尊称为原子核物理学之父。

1919 年，汤姆生因身兼两职而辞去了剑桥大学卡文迪许实验室主任职务，让贤推荐卢瑟福担任这个现代物理研究中心的主任职务。就在这一年，他用  $\alpha$  粒子轰击氮的原子核，成功地实现了原子核的人工转变，并发现了质子。

从 1925 年到 1930 年，卢瑟福担任了伦敦皇家学会主席。1931 年，由于他在科学发展上所建立的功绩，受封骑士称号，并享有纳尔逊勋爵的爵位。他于 1937 年 10 月 19 日卒于剑桥，并葬于牛顿和法拉第的墓地之侧。

卢瑟福不仅在科学研究方面取得了巨大的成就，而且在培养人才方面也作出了卓越的贡献。他培养的科研集体被人们亲切地称为“科学家的幼儿园”。在这个幼儿园里，他培养了两代世界上第一流的物理学家。在他的助手和学生中有 14 人获得了诺贝尔奖，其中玻尔、威尔逊、里查逊、查德威克、阿普顿、布莱克特、鲍威尔、卡皮查、科克罗夫特和瓦尔顿共 10 人获得诺贝尔物理学奖；索迪、阿斯顿、亥维赛和哈恩共 4 人获得诺贝尔化学奖。这在科学发展史上和教育学史上是空前的，一个人能培养出这么多的世界科学冠军，使全世界的人们都感到惊讶和敬佩！那么，卢瑟福是怎样培养和教育学生的呢？下面就请看一看卢瑟福培养人才的故事。

1919 年 4 月 2 日，卢瑟福担任了剑桥大学卡文迪许实验室主任的职务。当时，他已经是一个赫赫有名的科学家了，但他仍然是那样和蔼可亲、平易近人。晚上，学生们常常到他家去，听他夫人弹钢琴，或听他活泼愉快的谈话。他坐在圆椅上，一边喝茶，一边给学生们讲自己的在科研活动中的经验教训，启发学生独立思考，鼓励学生走自己的道路。

一天深夜，卢瑟福看到实验室里灯火通明，就信步走了进去。一个学生正俯身在实验台上干着什么。他走上前去，问道：“这么晚了，你还在做什么？”

“我在工作。”学生回答。

“那你白天做什么？”

“我也在工作。”

“你早晨也工作吗？”

“是的，教授。”学生谦恭地回答，满以为会得到教授的表扬。然而，教授沉吟了一下，批评道：“可是，这么一来，你还有时间去思考吗？”学生心里感到很委屈。

后来，这个学生通过仔细观察发现，每天傍晚，不管实验工作进行得顺利还是不顺利，卢瑟福总是在走廊里散步，那种神情表明他正在思考。

他经常对学生说：“不要死记硬背，也不要满足于实验，而要学会思考。只有勤于和善于思考的人，才能获得知识，取得成就。”

1911 年，卢瑟福提出原子的核式结构学说，像一把金钥匙打开了原子秘

宫的大门。第二年，丹麦青年物理学家玻尔来到英国学习。在卢瑟福的指导下，玻尔如饥似渴地汲取着新知识，通过学习和研究，他发现卢瑟福的“小太阳系”的原子模型还有缺陷。可是，玻尔不敢向卢瑟福提出自己的见解，怕老师生气。

时间过了半年多，玻尔通过观察，看到老师平常很乐意听取学生的不同意见，对青年科学家的意见和对老一辈科学家的意见同样的尊重。玻尔打消了顾虑，认真地把自己的意见进行了整理，准备向老师提出来。

有一天，卢瑟福正在做实验，玻尔找到了他，直截了当地说：“教授，我想跟您谈谈。对您的原子模型，我有不同看法。”

“什么？”卢瑟福既像恼又像喜的反映，使得玻尔不敢说下去。教授放下手中的实验，急切地等待玻尔说下去，看着玻尔吱吱吾吾的样子，就笑着说：“这几天我预感到会有人向我‘开炮’，小伙子，说吧！”

玻尔听了老师热情鼓励的话语，惶惶然的心情才平静下来，他把自己的见解一古脑儿地全部说了出来：“我认为电子可能处在原子核外几种稳定的轨道当中，每种轨道相当于一定的能级。当电子运动状态发生变化时，它从一个轨道跳跃到另一个轨道，这个能级的变化就表现为辐射或吸收一定能量的光……”

卢瑟福听完玻尔的意见，他耸了耸肩膀，高兴地说：“你对原子结构模型作了重大发展，立了一功。”接着，他热情地指导玻尔进行深入的研究，并嘱咐玻尔赶快把研究成果写成论文交给他。

1913年，玻尔回到祖国丹麦，担任哥本哈根大学物理学教授。三月，他把论文寄给卢瑟福，经过多次修改，经卢瑟福推荐，玻尔的论文在《哲学杂志》上发表了。玻尔的这一研究成果，震动了学术界。人们把这种原子模型称为“卢瑟福——玻尔模型”。玻尔因此于1922年获得诺贝尔物理学奖。

1931年9月，玻尔已经是哥本哈根大学理论物理研究所所长，他邀请老师卢瑟福到丹麦讲学。在丹麦科学家欢迎卢瑟福的晚宴上，玻尔致了热情洋溢的欢迎词，他说：“卢瑟福教授无视一切清规戒律，没有媚上欺下的势力眼。他最乐于关心年轻学生，他倾听年轻学生的意见，就像倾听一个公认的科学权威意见一样。”

1933年，英国皇家学会的一个新实验室——蒙德实验室落成了，物理学家卡皮查请来英国艺术家，让他雕塑三个像：一个是出资兴建实验室的蒙德先生的像，另一个是卢瑟福的像，还有一个是一条鳄鱼的像。

有人好奇地问：“为什么要雕一条鳄鱼的像呢？”

卡皮查解释说：“鳄鱼象征着科学。鳄鱼是一种从不向后看的动物，像科学一样，它张开吞食一切的大口，不断前进。”接着补充道：“鳄鱼代表一家之父，极为关心后代……”他请艺术家雕塑鳄鱼的像，是为了充分体现卢瑟福在科学研究上勇往直前的坚强性格和呕心沥血关心后辈的精神。

1937年10月17日，卢瑟福逝世的噩耗传到丹麦，玻尔悲痛欲绝地说：“欧内斯特·卢瑟福对我来说，几乎是我的第二个父亲。”为了纪念这位伟大的老师，玻尔给自己最小的儿子起名为“欧内斯特”。

## 奥斯特与电、磁

据说，世界上最早注意到磁现象的人是古希腊的自然哲学家、史称“科

学元祖”的泰勒斯。在古希腊，人们把磁铁矿石称作“马格尼斯”。当时，古希腊人都是万物有灵论者，他们对磁铁矿石能吸引铁粉的现象，感到迷惑不解。泰勒斯曾留下了这样一种断言：“万物充满了神的意志，马格尼斯吸引铁是因为它有灵魂的缘故。”

在泰勒斯以后的漫长岁月中，人们发现了更多的磁现象。1600年，英国物理学家和医师，曾任英国女王伊丽莎白一世御医的吉尔伯特，首先用磁石进行实验，发现磁石相互吸引和排斥，以及磁针倾斜等现象，认为地球是一个巨大磁体。首先注意到琥珀之类的物质，从而对磁现象进行了研究，写了一本名为《磁石》的畅销书，书中对地磁现象做了独特的说明。但是，在论及磁现象的本质时，吉尔伯特和泰勒斯一样，也认为物质中潜在着灵魂的作用。

直到1820年，丹麦著名物理学家和化学家奥斯特通过实验发现了电流的磁效应，终于揭开了磁现象的本质，从而破除了泰勒斯的灵魂论神话。

1777年8月14日，奥斯特生于丹麦兰格朗的鲁克宾。他的父亲是个药剂师，在家庭的熏陶下，奥斯特从小就对物理、化学发生了浓厚的兴趣。奥斯特自幼聪明好学，在小学，中学读书时，始终名列班级前茅。1794年，年仅17岁的奥斯特考取了哥本哈根大学免费生，攻读医学和自然科学。1799年，以优异的成绩毕业并获得博士学位。这一年，奥斯特受聘担任哥本哈根医学院的化学助教。

奥斯的兴趣广泛，学问深博，不仅酷爱物理和化学，而且对天文、哲学、文学等也颇有研究。他是康德哲学的信奉者，并和当时世界著名童话作家安徒生交往甚密。为了进一步扩大自己的知识领域，奥斯特于1801年至1804年，先后去德国、法国等地继续学习深造，在那里结交了许多著名科学家。1804年，奥斯特带着从国外学到的丰富而坚实的基础知识，回到了祖国。

1806年，奥斯特受母校的聘请，担任哥本哈根大学物理、化学教授。他开始积极从事电流和声学方面的研究。经过奥斯特坚持不懈的努力，终于发现了电流的磁效应，为电磁场理论的建立做出了重大的贡献。

奥斯特是怎样发现电流的磁效应的呢？

奥斯特深受康德、谢林等人关于各种自然力相互转化的哲学思想的影响，在自然科学研究中，始终坚持自然界各种现象相互联系的观点。早在1803年，他就指出：我们的物理学将不再是关于运动、热、空气、光、电、磁以及我们所知道的其他任何现象的零散罗列，而是将整个宇宙容纳在一个体系之中。奥斯特正是从自然现象相互联系的观点出发，去研究和探索电与磁之间的关系的。

长期以来，磁现象和电现象一直是被分别进行研究的，特别是吉尔伯特对电和磁的现象进行分析对比后断言，电和磁是两种截然不同的现象后，很多科学家都认为电和磁之间不可能有什么关系。法国物理学家库仑曾证明：“电与磁是完全不同的实体”；另一位法国物理学家，安培定律的创立者安培也说过：“电和磁是相互独立的两种不同的流体”；英国物理学家、光的波动说的奠基人托马斯·杨在他的《自然哲学讲义》中说：“没有任何理由去设想电与磁之间存在任何直接的联系。”

然而，也有一些人猜测电和磁之间可能存在着某种联系。一位名叫威克菲尔德的小商人，就曾描述过雷电使他箱子中的刀、叉、钢针磁化现象；1751年，富兰克林发现莱顿瓶放电可以使焊条、钢针磁化或退磁。1774年，德国

巴伐利亚电学研究院为了激励科学家们深入研究电和磁之间的关系问题，提出了一个有奖征文题目《电力和磁力是否存在着实际的和物理的相似性呢？》不少人去努力探索，但都没有取得什么成果。

但是，奥斯特却一直坚信电、磁、光、热等现象存在着内在的联系。特别是当富兰克林发现莱顿瓶放电能使钢针磁化以后，奥斯特更坚定了自己的观点，他认为：电可以转化为磁是不成问题的，关键在于要寻找转化的条件。1811年，奥斯特在《对新发现的化学自然定律的看法》一文中，提出用电流实验来弄清楚潜在状态下的电是否对磁具有什么作用。第二年，在这本书的修订本《对化学力和电力的同一性》一文中，奥斯特进一步论述了电流与磁的关系，并进行了实验，但仍未能发现电对磁的作用。

困难和挫折并未使奥斯特畏缩，他毫不气馁，继续不断思考，反复进行实验，探究电和磁的关系。化学家 J.G. 佛克哈默曾担任过奥斯特的抄写员，他非常钦佩奥斯特坚韧不拔的精神。在奥斯特逝世一周年纪念会上，他深情地怀念道：“奥斯特一直在探索这两种巨大自然力之间的关系。他过去的著作都证明了这一点，我在 1818 年到 1819 年每天跟随在他左右，可以用自己的经历说明，发现至今仍然很神秘的（电和磁）联系的想法一直萦绕在他的心中。”

1819 年冬至 1820 年春，奥斯特在哥本哈根开办了一个讲座，专门讲授电、电流及磁方面的知识，讲座吸引了许多物理知识的爱好者。

1820 年 4 月的一天，在哥本哈根的一个讲演厅里，座无虚席。大家聚精会神地倾听着奥斯特的演讲。奥斯特深入浅出地讲解着电学知识，为了让听众较容易地理解那些深奥的电学原理，奥斯特边讲边做演示实验。

在讲课过程中，奥斯特突然想到一个问题：过去许多科学家在电流方向上寻找电流对磁体的效应都没有获得成功，很可能电流对磁体的作用不是“纵”向的，而是“横”向的。于是，奥斯特把导线和磁针平行放置进行实验。当时，他用的电源是伏打电池，导线是一根细铂丝。当他把与伏打电池两端连接的导线平放，并与一枚支在支架上的小磁针平行时，他惊奇地发现：靠近铂丝的小磁针突然摆动起来，小磁针向垂直于导线的方向偏转了。小磁针发生偏转的现象，对听众来说，几乎是无动于衷，并没有引起任何一位听众的注意，然而，这一不显眼的现象却使奥斯特兴奋异常，多年盼望出现的现象，终于看到了，这重要的发现，使奥斯特欣喜若狂：这是电磁之间关系的一个确定的实验证据。

其实，这一现象早在 1802 年就被意大利法学家罗曼诺西发现，但未引起人们的注意。演讲一结束，奥斯特立即回到自己的实验室，开始对这种现象进行深入细致的研究。从 1820 年 4 月起，一直到 7 月，奥斯特整整耗费了 3 个月的时间，做了 60 多个实验。奥斯特分别将磁针放在导线的上方和下方，考察电流对磁针作用的方向。他先将导线的一端和伏打电池连接，然后把导线沿南北方向平行地放在小磁针的上方，当导线的另一端接通伏打电池的负极时，小磁针立即指向东西方向；如果将导线放在磁针的下方，小磁针就向相反的方向偏转。奥斯特还把磁针放在距导线远近不同的距离处，检验电流对磁针作用的强弱；他把玻璃板、木板或石块等非磁性物体放在导线和磁针之间，考察电流对磁针的影响，甚至把小磁针浸在盛水的铜盆中，小磁针都照样偏转。如果导线沿东西方向放置，无论将导线放在磁针的上方，还是下方，磁针始终保持静止，丝毫没有偏转现象。

在反复实验的基础上，1820年7月21日，奥斯特正式宣布他发现了电流的磁效应，并在《关于磁针上电流碰撞的实验》一文中，详细论证和解释了他的发现。这篇论文发表在法国《化学与物理学年鉴》杂志上。这份杂志在当时很有影响，在刊登奥斯特论文时，特别作了如下的说明：“《年鉴》的读者都知道，本刊从不轻易地支持宣称有惊人发现的报告……但是，至于说到奥斯特先生的文章，则其所得的结果无论显得多么奇特，都有极详细的记录为证，以至无任何怀疑其谬误的余地。”可见奥斯特的实验是多么具有说服力。

当时，奥斯特把电流对磁体的作用称为“电流碰撞”，或“电流冲击”，从实验中总结出了这种作用的基本特点。他认为：这种“电流冲击”只能作用在磁性粒子上，对非磁性物体是可以穿过的，磁性物质或磁性粒子受到“电流冲击”时，就发生了偏转现象。奥斯特成功地解释了通电铂丝附近磁针发生偏转的现象，证明了电可以转化为磁。

奥斯特的重大发现，揭示了电与磁之间的联系，为以后法拉第发现电磁感应定律，麦克斯韦建立统一的电磁场理论奠定了基础。法拉第后来在评价奥斯特的发现时说：它猛然打开了一个科学领域的大门，那里过去是一片漆黑，如今充满了光明。

奥斯特在成绩面前并未止步。1824年，奥斯特创办了丹麦科学知识振兴协会，该会以积极向大众普及科学知识为宗旨。奥斯特经常亲自举行讲座，深入浅出地讲授自然科学知识，特别是物理学知识。这个协会自1908年起，对丹麦物理科学家的出色贡献授予奥斯特奖章。1829年，奥斯特创建了丹麦工程学院，亲自担任院长。

奥斯特在科学研究中的贡献是多方面的。1820年，他发现了胡椒中刺激性成分之一的胡椒碱。1822年，他第一次相当精确地测得了水的压缩系数。1825年，他首次分离出金属铝。现在，铝在航空、电力等工业，以及日常生活中的广泛作用已众所周知。

由于奥斯特在物理和化学的多个领域都做出了杰出的贡献，特别是电流磁效应的发现，使他名声大振。1821年，奥斯特被选为伦敦皇家学会会员，1823年又当选为法国科学院院士。同时，他还是其他一些科学院和学会的会员。

1851年3月9日，奥斯特病逝于哥本哈根，终年74岁。奥斯特是一位谦虚谨慎，坚韧不拔追求真理的探索者，他曾经说：他唯一的追求就是从研究中得到满足。

为了纪念这位博学多才的科学家，特别是赞扬他为电磁学发展史所做出的杰出贡献，从1934年起，用奥斯特名字命名为磁场强度的单位，以永远纪念这位著名的物理学家。有些组织和地区，还以奥斯特名字命名和颁发奖金、奖章。如1937年，美国物理教师协会颁发奥斯特奖章，奖励卓越的物理学教师。

## 电磁感应现象

1820年，丹麦著名物理学家奥斯特发现了电流的磁效应，揭开了研究电磁本质联系的序幕，他的这个重大发现很快便传遍了欧洲，并被许多物理学家所证实。因此，人们确信电流能够产生磁场。但反过来，磁能产生电吗？

许多物理学家很自然地提出了这个相反的问题，并开始对这个问题进行艰苦的探索。其中，最有成效的是英国物理学家法拉第。

从 1821 年到 1831 年，法拉第整整耗费了 10 年时间，从设想到实验，漫长的岁月，失败的痛苦，生活的艰辛，法拉第饱尝了各种辛酸，经过无数次反复的研究实验，终于发现了电磁感应现象，于 1831 年确定了电磁感应的基本定律，取得了磁感应生电的重大突破。

然而，法拉第在成绩面前毫不骄傲，继续大踏步地勇往直前，继续探索科学的奥秘，取得了累累硕果；发现了电解定律和电荷的不连续性；最早进行电介质的性质和气体放电形式的研究，发现了顺磁性和抗磁性，磁的各向异性；他发现了光偏振面在磁场中的转动；把基本物理概念之一——磁场概念引入科学；创立了用低温与高压相结合的方法使气体液化的工艺；发明了电压电流表、电动机、直流发电机、变压器等等。俄国著名物理学家斯托列托夫赞誉道：“在伽利略之后，人类再没有看到像法拉第那样能作出如此惊人 and 多样发现的人，也未必能很快看到另一个法拉第。”伟大的恩格斯也给予法拉第很高的评价，称他是“最伟大的电学家。”

法拉第的科学造诣，已经达到了绝大多数人认为的世界科学成就的最高峰。英国皇家学院院长廷德尔教授特地请法拉第担任英国皇家学会会长的职务。可是，这位“当代最优秀的科学家”，却拒绝了 this 荣誉职位。法拉第说：“廷德尔，我决心一辈子当一个平凡的迈克尔·法拉第。”

这句话充分地概括了法拉第一生中不平凡的人格，同时，他的出身确实确实是平凡到了极点。

1791 年 9 月 22 日，法拉第出生在英国伦敦郊区的一个普通的铁匠家庭。父亲由于劳累成疾，经常停工，所以家境贫寒，全家的生活常常靠慈善机构的救济来勉强维持，有时甚至一个星期，法拉第只能吃到一个面包。法拉第后来回忆说：他的童年是在饥饿和寒冷中度过的。所以法拉第一生中几乎没有受过什么正规的学校教育。

由于家境贫困，法拉第很小就开始自己谋生。12 岁时，法拉第在离家不远的书店里当送报童，既要到外面送取报纸，又要在店里打杂，工作十分繁重。礼拜天也不例外。法拉第必须天亮以前就起床，才能来得及分送好报刊，待客户们看完后再及时地收回。顾客们都喜欢这位眼睛明亮、满头棕色卷发的小伙子。书店老板见法拉第工作既勤快，又肯动脑筋，在一年的年终时，破例提升他到店里的书籍装订处当一名“免费学徒”，并兼管售书。

这份新的工作，对法拉第来说，犹如上帝送给他的圣诞礼物。现在，法拉第总算有了机会，不但可以看到书刊的外壳，更令他兴奋的是可以熟悉书刊的内容了。法拉第很快就学会了装订书籍的手艺，而且装订得又快又好。

法拉第像富兰克林少年时期一样，完全靠顽强的刻苦自学，才获得丰富的知识的。法拉第刻苦自学，阅读各种书籍。他常常一边装订书，一边翻阅着书中的文章，并利用书店的废纸订成笔记本，摘录着各种资料。他几乎利用了所有业余时间，拼命地读书。书店老板是个好心肠的人，对勤奋好学的法拉第十分怜爱，他说：“读吧，法拉第，好好读吧！爱读什么就读什么。订书匠只管书的外表，可是你知道了书里的内容，那也没有什么坏处。”

法拉第几乎把书店里装订好的新书都看遍了。书是人类知识的宝库，勤奋读书便是开启知识宝库的金钥匙。法拉第在书店工作的 8 年间，始终坚持不懈地刻苦读书，他的头脑就像一块巨大的海绵一样，尽情地在知识的海洋



中贪婪地吸吮着，为他日后从事科学研究打下了坚实的基础。法拉第后来在回忆这段日子时说：“在当学徒的时候，我爱看手边的科学书，其中最爱读的是玛西特夫人的《化学漫谈》和《大英百科全书》中的电学论文。我做了一些花费得起的实验，每星期花上几个便士，还制成了一种电学机械，起初用小玻璃瓶，后来就用真正的金属圆筒以及其他这类电学仪器。”

法拉第从开始学习就很重视科学实验，他平时省吃俭用，从微薄的收入中节约出一点钱，购买了一些最简单的实验器材，对照书本一个一个地进行实验。店老板看了法拉第的实验后称赞说：“这孩子真不寻常！”法拉第正是通过这样孜孜不倦的学习和反复的实验，不仅了解了大量的科学知识，而且训练了自己的实验技能，逐渐摸索到了科学的门径，靠自学掌握了有关电和化学的基础理论。

1812年初秋的一天，一位常来书店的皇家学会会员亚当斯先生知道法拉第很喜欢化学和物理，便送给他4张皇家学院科学演讲会的入场券。主讲人是皇家学会会长、皇家学院的化学教授戴维，他是电化学的创始人之一，他主讲的内容是关于电学的研究。法拉第怀着极大的兴趣聆听了戴维的演讲，并做了详尽细致的听讲记录。法拉第被深深打动了，他决心寻找自己的科学之路。

法拉第对科学充满了憧憬，他写信给伦敦学会主席班克斯，希望能到皇家学院去工作，但遭到了回绝。法拉第并不灰心。他把戴维教授的4次演讲记录。经过精心整理，在有些地方，根据自己的理解加以发挥补充，还画了许多插图，注明戴维教授做的一些示范实验，并把这份听讲记录装订成册，在书脊上烫上金字。然后，法拉第把这本自己精雕细刻的《享·戴维爵士演讲录》寄给戴维教授、同时附了一封言辞恳切的求职信。

法拉第在信中诉说了自己贫困的身世，以及对科学的向往，他迫切渴望能得到一个可以接触科学技术的职位，只要能参与为人类造福的科学事业，不论待遇怎么低，他都十分乐意。

1812年12月25日，戴维收到了书和信。开始，他感到很奇怪，自己从未出版过什么演讲录，哪里出的这本书呢？他真没有想到，自己的4次演讲总共不过4个多小时，而这本演讲录竟有380页之多。所讲的都详尽地记录在里面，还补充了许多没有讲的内容，这本书凝聚着整理者多少敬仰和心血啊！读了法拉第的信后，戴维被这个年轻人的身世和热情深深感动了。从这个陌生的年轻人身上，戴维着到了一种最宝贵的东西——对科学的热爱和献身精神。

圣诞节前夕，戴维到皇家学院去，找到皇家学院理事佩皮斯先生，建议录用这个有志向的年轻人到皇家学院来工作。佩皮斯说：“叫他来洗瓶子吧！要是他还有一点用，那他会来的，要是他不肯来干，那他就是个没用的人。”当天晚上，戴维就给法拉第写了回信：“承蒙寄来大作，读后不胜愉快。它展示了你巨大的热情，记忆力和专心致志的精神。最近我不得不离开伦敦，到月底才能回来。我很乐意为你效劳。我希望这是我力所能及的事。”

1813年3月1日，在戴维教授推荐下，法拉第的愿望终于实现了，他进入了皇家学院的实验室，给戴维教授当助手，开始了他的科学创造生涯，在皇家学院整整工作了50年。

法拉第埋头苦干，洗瓶子、擦桌子，拖地板，把实验室打扫得干干净净。法拉第头脑灵敏，喜欢动脑筋分析问题，很快就熟悉了电化学实验室的一些

实验技术。为人谦虚的法拉第总是恭敬地向教授提出一些建议，深受戴维教授的赏识，允许他参加自己的各项实验工作。不久，法拉第就可以独挡一面地进行实验研究，并取得了一些成绩。没有几个月的时间，戴维已对法拉第寄予完全的信任，邀请法拉第作他的“哲学助手”，陪伴他一同到欧洲各大城市去讲学。戴维一生中有过许多重要的发现，但是，他后来却自豪地说：“我一生中最伟大的发现，是法拉第。”

1813年10月13日，法拉第有幸随同戴维教授到欧洲大陆各国访问和讲学。对于一个铁匠的儿子，一个足迹从未越出伦敦地平线的22岁的年轻人来说，这次欧洲之行，实在不亚于《爱丽丝奇遇记》一书中的女主角爱丽丝的漫游奇境。法拉第在日记中写道：“今天早晨迎来了我一生的新时代。”

从1813年10月到1815年3月的一年半中，法拉第跟随导师先后到了法国、意大利、德国、比利时、瑞士等地，这对于年轻的法拉第来说，是一次极好的学习机会，使他开阔了眼界，接受了锻炼，有机会认识了当时许多知名的科学家，如安培、盖-吕萨克、洪波尔特等，并参观了他们的实验室。在日记中，法拉第记下了自己兴奋的心情：“夜间海上灿烂的波光”、“庄严雄伟的群山”，“笼罩在雾鬓云鬟里的枫丹白露的森林”，“维苏威火山的喷火口——那个喷出一串串的烟尘和一阵阵赤炽的石流的无底洞穴。”在日记中，他还详细地记录了戴维在各地讲学的内容、实验过程，以及各国科学家的实验方法，风格特长等。这次出访，对后来法拉第在电学和化学方面取得重大成就，起了很大的作用。

回国后，法拉第立即投入了紧张的科研工作。当时皇家学院被公认为是“最高深的科学研究和最佳、最专门化的科学讲演之家”。法拉第经常参加皇家学院的讲习会，有时也充当一个临时性的讲师。他的一个朋友描绘了一幅粗略，却颇为生动的法拉第立在讲坛上的画像：

“年轻人热情洋溢，满脸春风习习，  
欢乐为其友，邪恶为其敌，  
他衣冠修整，平凡而又恭谦。  
为真理而耕耘，不为名利而卖力。”

当时，法拉第每星期的收入仅有30先令，但是他从不在乎名和利，全心身地勤奋学习和工作，功夫不负有心人，1816年，25岁的法拉第在《科学季刊》上发表了《多斯加尼本生石灰的分析》一文，这是他的第一篇化学论文。随后两年中，法拉第先后发表了17篇化学分析方面的论文。其中一篇关于火焰的论文，大胆地指出当时理论中存在的一些谬误，法拉第研究氯气和其他气体凝结过程的成就引起了伦敦科学界的注意。法拉第终于靠刻苦自学，勤勉工作成长为一名年轻有为的科学家。

这期间，法拉第爱上了一位年轻女郎——撒拉·巴纳德。尽管早年法拉第曾经在笔记本上写过一段讽刺爱情的话：“什么是爱情？除当事人而外，它是每一个人都讨厌的东西。”但是，现在法拉第完全不同了，他开始一个劲地向撒拉表示爱慕之情，甚至惹起她的讨厌也在所不顾。撒拉·巴纳德在法拉第给她的书面求婚书上写了几个字：“爱情使哲学家成了糊涂虫。”哲学家用他献身科学的锲而不舍的精神，坚持自己的“糊涂举动”，丘比特的爱情之箭终于射中了巴纳德小姐的芳心。1821年，他们结为伉俪，虽然婚后没有子女，但是两人恩爱无间，白头偕老。后来，法拉第非常满意地说：“结婚比任何其他事件更强烈地促进了我的尘世的幸福和健全的思维能

力。……，除了变得更加亲密和炽热之外，再没有发生任何变化。”的确，法拉第的妻子非常贤惠，在几乎长达半个世纪的时间里，撒拉无微不至地照顾着法拉第，让她的丈夫毫无牵挂地在科学领域里自由翱翔。

1821年，法拉第担任皇家学院实验室总监和代理实验室主任，后来被推选为皇家学会会员，1825年接替戴维任实验室主任。从1821年起，法拉第开始进行电和磁的研究。1821年10月21日，他发表了第一篇电磁学论文《论某些新的电磁运动兼磁学理论》。法拉第根据自己做的大量实验，确信电和磁就像铜币的图案和字样一样，是同一事物的两个方面，既然电流可以产生磁，那么为什么磁不能产生电流呢？法拉第在日记中写下了一个崭新的研究课题：“把磁转变成电”。

为了把这个闪光的设想变成现实，法拉第含辛茹苦，已经在实验室里度过整整10个春秋了，做了成百上千次的实验，电池组已增加到120个电瓶，这说明同最初的实验相比，电流量增大了120倍，做实验用的线圈，已不知更换了多少。然而，实验仍未取得决定性的突破。面对一次次的失败，法拉第毫不气馁，继续苦苦地探索着。

1831年秋季的一天，和风吹过，天气已经开始转凉，法拉第还是穿着那件旧外套，埋头在实验室里紧张地工作着。他复查了全部实验记录，逐件仔细检查了实验器具，连一根小导线都不放过，并对设计思路和实验方法也进行了全面的反省。法拉第慎重地开始了又一次实验。

法拉第用一根长为220英尺的铜丝绕在一个圆筒上，线圈的两端连着一个电流计。当他用一根磁铁插入或抽出线圈时，电流计就会发生偏转；如果磁铁在线圈中不动时，电流计就不动。于是他得出结论：只有磁铁在线圈中运动时才能产生电流，他把这个发现称作电磁感应现象，这种电流叫作感应电流。后来，法拉第又改变了实验方法，他把线圈放在磁铁的两极之间，当线圈不断旋转时，线圈中就能产生持续不断的电流。这一重大发现，为制造发电机奠定了基础。

法拉第整整耗费了10年的心血，终于在自己40岁时获得了成功，发现了电磁感应现象，这是电学发展史上一个划时代的发现。然而，当法拉第向皇家学会做报告时，竟有人用怀疑的口吻问他：这个发现究竟有什么用？法拉第反问道：“新生婴儿有什么用？”回答得多么巧妙啊！新生婴儿具有强大的生命力，电磁感应现象的发现则预示着人类将进入一个崭新的电气时代！

法拉第实现了“把磁转变为电”的理想后，并不满足，再接再厉，提出了一系列新的研究课题，接二连三地作出了许多新的重要的发现：他发现了电解定律；发现了自感现象；发现了磁光效应；发现了物质的抗磁性等等。法拉第成为近代电磁学的奠基人。

法拉第不仅在电磁学方面取得了杰出的成就，在化学方面也有很多重要的贡献：他发现了两种新的氯化碳，创制了光学玻璃的新品种，研究了合金钢的性能，还发现了苯，对有机化学的产生和发展起了很大的推动作用。

法拉第一生取得了如此辉煌的成就，但他从不倨功自傲。他在发现电磁感应现象之后，写信给他的朋友菲利普斯说：“我正再忙于研究电磁学。我想，我捞到了一点好东西。可是没有把握，或许我花费了那么多劳动，捞到的不是一条鱼，而是一团水草。”其实，何止是一条鱼，这不仅是19世纪最伟大的发现之一，也是整个科学史上的最伟大发现之一。法拉第是多么的谦

虚，多么的谨慎啊！

和法拉第同时代的法国著名作家大仲马高度评价法拉第说：“我不知道是否会有一位科学家，能够像法拉第那样，留下许多令人惬意的成就，当作赠与后辈的遗产而不自满……，他的为人异常质朴，爱慕真理异常热烈；对于各项成就，满怀敬意；别人有所发现，力表钦羨；自己有所得，却十分谦逊；不依赖别人，一往直前的美德。所有这些融合起来，就使这位伟大的物理学家的高尚人格，添上一种罕有的魅力。”

法拉第身上罕有的魅力，就是他一生致力于科学研究事业，从不贪图任何荣誉。他先后辞掉了伦敦皇家学会会长和皇家研究院院长等职务；谢绝了伦敦大学教授和其他大学欲授予他的名誉学位，也不肯接受要加封给他的爵位。他成名之后，世界各国赠给他的各种学位头衔多达 94 个，他把所有的荣誉证书和奖章都收藏起来，连最亲近的朋友都未见过。他对朋友说：“我从来没有为追求这些荣誉而工作。”他喜爱科学研究工作胜于各种荣誉，他曾说：“自然哲学家应当是这样一种人：他愿意倾听每一种意见，却下决心要自己作出判断。他应当不被表面现象所迷惑，不对每一种假设有偏爱，不属于任何学派，在学术上不盲从大师。他应该重事不重人。真理应当是他的首要目标。如果有了这些品质，再加上勤勉，那么他确实可以有希望走进自然的圣殿。”这正是法拉第一生为人类科学事业作出如此巨大贡献的真实写照。

### 赫兹发现电磁波

1893 年 12 月 7 日，波恩大学教授，著名的德国物理学家赫兹抱病坚持上完一生中的最后一堂课。第二年的元旦这天，便英年早逝了，年仅 37 岁！

赫兹的一生虽然短暂，但他发现电磁波的杰出贡献，却一直为后世传诵。1887 年，赫兹首先发现并验证了电磁波的存在。当时，年仅 29 岁。赫兹的重大发现，不但为无线电通信创造了条件，并且从电磁波的传播规律，确定电磁波和光波一样，具有反射、折射和偏振等性质，验证了麦克斯韦关于光是一种电磁波的理论推测。19 世纪 60 年代，麦克斯韦提出电磁场的理论，并从理论上推测到电磁波的存在，可惜他也是英年早逝，只活了 48 岁，未能用实验来证明自己推测的正确性。当时，没有人能理解麦克斯韦的学说，因此，他的功绩生前并未得到重视，直到他死后近 10 年，赫兹发现并证明了电磁波存在后，人们才意识到麦克斯韦理论的重要性。

如果把电磁理论的建立比做一座宏伟的大厦，那么，为这座大厦奠定了坚实地基的是法拉第；在坚实的地基上建成这座大厦的是麦克斯韦；为这座雄伟的大厦进行内部装修，使它能够最后被人们广泛使用的是赫兹。人们为了纪念这位年轻的科学家为人类做出的不朽功勋，用他的名字来命名物理学和数学的一些概念，如“赫兹波”、“赫兹矢量”、“赫兹函数”等，并采用“赫兹”作为频率的单位。

1857 年 2 月 22 日，亨利希·赫兹生于德国汉堡一个富裕的市民家庭里。他的父亲是个律师，后来当选为参议员。

赫兹小时候先在私立学校读书，后来才转进市立学校学习。1875 年毕业于约翰奈斯中学。赫兹在少年时代就显示了自己非凡的聪明才智，以及出众的实验才能。由于他超群的天资和刻苦钻研，在校时各门功课均名列前茅，不仅数学、自然科学、英语、法语等必修课，就加阿拉伯语等选修课成绩也

很突出，以致他的老师建议他去学东方学。老师给他的毕业评语是：“这位中学毕业生具有敏锐的逻辑，可靠的记忆和叙述问题的灵巧。缺点是讲话有些单调。”

赫兹少年时期就非常喜爱动手做实验，开始进行一些简单的自然科学实验，特别喜欢做力学和光学实验。为了提高自己的动手功夫，他便利用课余时间去向一位细木工学习手艺，还去向车工师傅学习车工技术，练就了一双灵巧的手。星期天，赫兹从来不休息，他在学校里学习制图。有趣的是，后来当他的车工师傅得知赫兹当了物理学教授的消息时，曾带着惋惜的口吻赞叹道：“唉！真可惜！赫兹本该是一个多么出色的车工啊！”

中学毕业后，赫兹认为自己将来适合当一名建筑工程师。于是，1876年春，赫兹考入了德累斯顿高等技术学校，学习工程学。这年秋天，赫兹应征入伍，在柏林铁道兵团服兵役一年。第二年秋天服役结束后，赫兹进入慕尼黑大学，继续学习工程学。在这里，他有机会聆听了著名物理学家菲利浦·冯·约里的物理课和数学课。菲利浦·冯·约里曾是诺贝尔物理学奖获得者普朗克的老师，他深入浅出的讲授，深深吸引着他的学生们，也挑动了赫兹的好奇心，使赫兹对物理学和自然科学产生了极大的兴趣。

赫兹征得父亲同意后，弃工从理，专门攻读物理学和数学，拜约里为师。在导师的指导下，赫兹认真刻苦地钻研法国著名数学家、物理学家、天文学家拉格朗日、拉普拉斯、泊松等人的经典著作和科学史，特别仔细地阅读了拉格朗日的《分析力学》、《解析函数论》；拉普拉斯的《概率论的解析理论》；以及泊松的《热的数学理论》等数学专著，为自己今后的科学发现奠定了坚实的理论基础。

当时，著名的数学家和物理学家亥姆霍兹和基尔霍夫都在柏林大学授课，为了能够听到这两位著名教授的课，赫兹申请转入柏林大学学习。从此，成为亥姆霍兹和基尔霍夫的得意门生。亥姆霍兹是能量守恒和转换定律的奠基人之一，他以科学家特有的敏锐眼光很快就发现了这位年轻好学的大学生的卓绝才能，并决定从各方面培养赫兹。亥姆霍兹说：“还在他进行基本的实际操作时，我就感到自己有责任培养这位天赋非凡的学生。”在导师的指引和帮助下，加上赫兹本身的顽强拼搏，努力探索，终于也成长为一名著名的物理学家，最早发现了电磁波。因此，赫兹终生都对自己的导师怀着深切的感激之情。

1879年暑假前，亥姆霍兹为柏林大学哲学系学生出了一道物理竞赛题，这个题目要求用实验来证明：沿导线运动的电荷是否具有惯性。赫兹兴致勃勃地参加了比赛，取得了最好的成绩。柏林大学校长爱德华·策勒尔亲自授予赫兹一枚金质奖章，这是赫兹一生中获得的第一枚奖章。

1880年3月15日，赫兹在亥姆霍兹指导下，以《旋转球体中的感应》的论文，取得了优异成绩，获得了博士学位，留在亥姆霍兹研究所，给亥姆霍兹当了两年半助手。在这期间，赫兹潜心钻研了有关热力学、弹性理论、固体和蒸发等理论问题，并进行了大量实验，发表了近20篇论文。同时，他还帮助亥姆霍兹指导实习生。

1882年，赫兹开始研究稀薄气体中的光现象。为了使实验更加精确，赫兹亲手制作了许多实验仪器，如电功计、湿度表等，花费了大量时间，他后来写道：“我几小时几小时地做的工作是：一个接一个地钻孔，弄弯白铁皮，然后再花几个小时油漆白铁皮，凡此等等。”1883年5月，赫兹发表了辉光

放电的论文。赫兹的研究实际上是关于阴极射线的研究，为后来伦琴射线的发现开辟了道路，并由此揭开了物质结构之谜。然而，遗憾的是赫兹生前未能看到那些由他的研究而引起的令人兴奋的重大发现。

后来，赫兹接受基尔霍夫教授的建议，转到基尔大学，担任数学物理讲师。在基尔大学任教期间，赫兹除了认真讲课外，还用了很长时间专心致志地钻研电动力学。1884年秋，赫兹被聘为卡尔斯鲁厄高等技术学校物理学教授。他开始攻克几年前亥姆霍兹提出的柏林科学院悬赏奖的问题。

1879年，亥姆霍兹在综合了当时电磁学的研究成果，特别是麦克斯韦电磁场理论的基础上，以“用实验建立电磁力和绝缘体介质极化的关系”为题，设置了柏林科学院悬赏奖。这个问题的关键是要用实验来证明麦克斯韦的位移电流存在的重要理论。赫兹认为麦克斯韦的理论是正确的，但是如何用实验来证实电磁波的存在呢？他对这个难题进行了无数次实验，均未取得什么成效。然而，赫兹并没有灰心，一直思索着解决这道难题的办法。

为了解决这个悬而未解的问题，赫兹除教书以外，全部时间都耗在学校实验室里。在卡尔斯鲁厄高等技术学校的物理实验室中，有一种叫黎斯螺线管的感应线圈，这种仪器有初级和次级两个线圈，它们是相互绝缘的。在实验中，赫兹发现：若给初级线圈输入脉冲电流，次级线圈的火花隙中便有电火花发生。这种现象立即引起了赫兹的注意，他敏锐地感到，这是一种与声共振现象相似的快速电磁共振过程。他想，电火花的往返跳跃表明在电极间建立了一个迅速变化的电场和磁场，因为根据尚未被实验证明的麦克斯韦的电磁理论，变化的场将以电磁波的形式向周围空间辐射。赫兹断定：次级线圈中火花隙中的电火花，是因为初级线圈电磁振荡，次级线圈受到感应的结果。

为了用实验来证实麦克斯韦高深莫测的电磁场理论，验证电磁波的确存在，赫兹精心设计了一个电磁波发生器，对“电火花实验”进行了一系列深入的研究。赫兹用两块边长16英寸的正方形锌板，每块锌板接上一个12英寸长的铜棒，铜棒的一端焊上一个金属球，将铜棒与感应圈的电极相连。通电时，如果使两根铜棒上的金属球靠近，便会看到有火花从一个球跳到另一个球。这些火花表明电流在循环不息，在金属球之间产生的这种高频电火花，即电磁波，麦克斯韦的理论认为由此电磁波便会被送到空间去。赫兹为了捕捉这些电磁波，证明它确实被送到了空间，他用一根两端带有铜球的铜丝弯成环状，当作检波器。他把这个检波器放到离电磁波发生器10米远的地方，当电磁波发生器通电后，检波器铜丝圈两端的铜球上产生了电火花。这些火花是怎样产生的呢？赫兹认为：这便是电磁波从发射器发出后，被检波器捉住了；电磁波不仅产生了，而且传播了10米远。

1887年11月5日，赫兹将他发现电磁波的研究成果总结在《论在绝缘体中电过程引起的感应现象》一文中，寄给了亥姆霍兹，论文中用实验证明了麦克斯韦的电磁场理论。亥姆霍兹一口气读完了论文，非常高兴地立即写信给他的得意门生：“手稿收到。好！星期四手稿交付排印。”仅过3天，赫兹就收到了老师的这封复信。谁也没有料想到，赫兹竟用如此简单的自制仪器验证了麦克斯韦如此深奥的电磁场理论，赫兹的论文出色地解答了1879年亥姆霍兹提出的悬赏难题，由此荣获柏林科学院的科学奖。从此，电磁波的存在得到了确认，再也没有人怀疑了。

从此以后，赫兹便专门从事电磁波的研究，他发现，电磁波可以毫无阻

碍地穿过墙壁，不过遇到大而薄的金属片便被阻挡住了。他还测定了电磁波的波长，并计算了电磁波的传播速度，发现它在真空中的传播速度和光一样快。

赫兹测量电磁波传播速度的实验，选择了一个长、宽、高分别为 15 米、14 米、6 米的教室。在离波源 13 米处的墙面上安装了一块 4 (米) × 2 (米) 的锌板。当从波源发射出的电磁波经锌板反射后，在空间便形成了驻波。赫兹先用检波器测出电磁波的波长，再根据直线振荡器的尺寸算出电磁波的频率，最后，用驻波法精确地测量了电磁波的传播速度。1888 年 1 月，他完成了《论电动效应的传播速度》论文，并把论文寄给了老师亥姆霍兹，赫兹在论文中肯定了电磁波的传播速度等于光速，赫兹的这篇论文发表后，受到全世界科学界的瞩目。后来发现 X 射线的伦琴教授写信向赫兹祝贺，赞扬他的这些实验是近几年物理学中最优异的成果。

接着，赫兹又进行了电磁波的反射、折射、偏振等一系列实验，证明了电磁波与光波一样，具有反射、折射和偏振等物理性质，他撰写了《论电力射线》一文，论证了电磁波与光波的同—性。现在我们常说的无线电波、红外线、可见光、紫外线、X 射线、 $\gamma$  射线都是电磁波。

赫兹的这些突出的成就获得了当时科学界的高度评价。他的恩师亥姆霍兹赞扬说：“光——这种如此重要的和神秘的自然力——与另一种同样神秘的或许更多地应用的力——电——有着最近的亲缘关系，令人信服地证实这种现象无疑是一项重大的成就。现在，人们开始懂得，那些曾设想是远距直接作用的力是如何通过一层中间介质作用于最近一层介质的途径而传播的，这一点对理论科学来说可能更加重要。”

从 1888 ~ 1892 年，年仅三十几岁的赫兹，相继被聘为柏林科学院、剑桥哲学学会、曼彻斯特哲学学会等重要学术团体或组织的成员，并先后受到维也纳科学院、法国科学院、英国皇家学会、都灵科学院等的嘉奖，表彰赫兹对人类做出的杰出贡献。

## 找到了中子

根据对原子核模型的预测，卢瑟福的实验中氮原子核被  $\alpha$  粒子轰击后放出质子而变成氧原子核。真的是这样吗？这还需要进行实验证实。

科学家布拉克特用云雾室研究了核反应。

云雾室是卢瑟福的老同事威尔逊发明的。这是一个圆盒子，盒子中的空气含有过饱和的水蒸汽，当带电粒子穿过盒子里的空气时，沿途就会产生一串离子，而水蒸汽就会围绕这串离子结成小水珠，形成一条白色的云雾，因此可以很清楚地显示出带电粒子飞过的轨迹。加上磁场以后，从这条白色的云雾的长短、浓淡和弯曲的方向、程度就可以分析出带电粒子的性质。这可以用照相的方法记录下来。

布拉克特使  $\alpha$  粒子打进充有氮气的云雾室，然后拍照。他拍了 23000 张照片，结果只照到了 8 张人工核反应的照片。这是 1925 年的事情。在照片上，像扫帚一样的一簇白线是  $\alpha$  粒子的径迹，其中有一条中途停止了（说明  $\alpha$  粒子打到氮核里去了），然后又分为两个叉，一条细而长的是质子的径迹，另一条短而粗的是生成的氧原子核的径迹。卢瑟福的发现被研究得更清楚了。

新的发现、新的理论、新的方法鼓舞着各国的科学家去作新的实验和新

的探索。

德国有个青年科学家叫贝特，他想：为什么  $\alpha$  粒子打到核里去只会放出质子呢？难道就不可能放出电子（也就是  $\beta$  射线）和  $\gamma$  射线吗？那些天然放射性元素一般都会放出  $\beta$  射线或  $\gamma$  射线，并且常常伴有  $\alpha$  射线，但是不放出质子。

他研究了卢瑟福做的实验，注意到卢瑟福是通过观察硫化锌荧光屏是否发生闪光来判断有无核反应发生的。贝特知道， $\alpha$  粒子或质子打在硫化锌上会发出闪光，但是，如果有  $\beta$  射线或  $\gamma$  射线在硫化锌上，却不会发出闪光。因此，即使有放出  $\beta$  射线和  $\gamma$  射线的核反应发生，卢瑟福也观测不到。

卢瑟福曾经用  $\alpha$  粒子射击过锂、铍、硼，也没有看到闪光，所以他认为用  $\alpha$  粒子射击这几种元素不发生核反应。

贝特想： $\alpha$  粒子既然打到氮、镁、硫、钾等的原子核中去，为什么就不会打到锂、铍和硼的原子核中去呢？可能打进去以后放出来的不是质子，而是不会使荧光屏闪光的  $\beta$  射线、 $\gamma$  射线等别的什么粒子。如果真是这样，用什么方法才能观测到它们呢？

这时候，卢瑟福的学生盖革也在德国工作，他发明了计数器，利用电子学仪器，可以测量各种射线，并计算粒子的数目或射线的强度。用了这种新仪器就不需要躲在黑屋子里数荧光屏上的闪光了。

贝特用计数器去进行研究。他用钋作为  $\alpha$  粒子的放射源，因为钋只放射  $\alpha$  粒子，不发射  $\beta$  射线和  $\gamma$  射线，这便使实验简单多了。

对着  $\alpha$  粒子源安装了计数管，由于钋不发射  $\beta$  射线和  $\gamma$  射线，而发射出来的  $\alpha$  粒子又穿不透计数管的玻璃壁，所以计数管没有计数。

但是，只要在  $\alpha$  粒子源和计数管之间放上涂有锂、铍或硼的片，计数管就开始计数了。这说明  $\alpha$  粒子打到了锂、铍或硼的原子核上，发生了核反应，并且放出了某种射线。其中以铍放出来的射线最强烈。

这是什么射线呢？贝特作了测试实验。他加上电场和磁场试了试，发现射线在电场和磁场中不会偏转，说明射线不带电荷，不是  $\beta$  射线，也不是电子和质子。他又用 2 厘米厚的铅板试了试，射线还是穿过去了，强度只减弱 13%。他认为，这种射线是极强的  $\gamma$  射线。

贝特发现用  $\alpha$  粒子射击锂、铍和硼也会发生核反应，这是完全正确的。他认为反应结果是放出  $\gamma$  射线，这一点后来证明是错误的。

在法国，居里夫人的女儿伊伦·居里和女婿约里奥·居里已经成长为原子科学家。小居里夫妇也在做贝特作过的实验。他们让铍发出的射线通过石蜡，结果产生了高速的质子。看来是石蜡中的氢被铍发出的射线碰出来了。

这个实验又转到英国，查德威克用铍发出来的射线撞击氢，发现了高速的质子；撞击氮原子，氮原子也被推动了，只是速度比质子小得多；撞击氦，氦原子也被推动了，速度又小一些。这说明铍发出来的射线不应该是  $\gamma$  射线，而是具有一定质量的某种粒子。

经过反复的实验，查德威克认为  $\alpha$  粒子打在铍核上产生的不是  $\gamma$  射线，而是一种高速的不带电荷的中性粒子。这种粒子同氢、氮、氦的原子核碰撞，就把它们弹开了，正像他和卢瑟福以前研究的  $\alpha$  粒子弹开氢原子核的情形一样。

那么这种不带电荷的中性粒子的质量有多大呢？查德威克根据实验结果算出来，它的质量与质子几乎一样大。查德威克便把这种不带电荷的中性粒



子叫做“中子”。

中子是人们过去从不知道的粒子，现在由铀原子核中打了出来，这说明原子核中有中子。

这样一来，组成宇宙间万物的基本结构不只是质子和电子两种了，而多了一种——中子。

## 镭和钋

1867年11月7日，玛丽·居里出生在波兰华沙一个非常和睦的知识分子家庭，原名玛雅·斯科罗多夫斯卡，是家里5个孩子中最小的。她的父亲是华沙高等学校的物理学教授，母亲是一所女校的校长。玛雅·斯科罗多夫斯卡长着一头金色的卷发，健康、聪明，记忆力惊人。虽然她比同班同学小两岁，但很快成为西科尔斯卡女士私立小学中出类拔萃的学生。她喜欢钻进父亲的工作室，那些仪器、试管、矿物标本，甚至验电器都使她着迷。她沉浸在知识的海洋中，各科成绩总是名列第一。中学毕业时，她获得了1枚金质奖章。进入巴黎大学后，她更加勤奋地学习，以优异的成绩先后取得物理学和数学硕士的学位。她心中只有一个信念：学习，学习，顽强地学习前人总结的一切经验，把一生献给自己唯一的爱好——科学。

大学毕业后，在一个实验室里，玛丽结识了才华横溢的法国科学家比埃尔·居里（1859~1906）。当时比埃尔已经是一位有名的物理学家了，担任巴黎化学和物理学院的实验室主任。在他们相识的第一个夜晚，玛丽和比埃尔围绕石英晶体展开了饶有趣味的科学对话。玛丽后来回忆说：“我喜欢他那种从容不迫、想了再说的谈话方式。我也喜欢他的纯朴，以及他既严肃又充满朝气的笑容。我们开始谈论科学……不知不觉中，我们已经成了朋友。”比埃尔和玛丽一样，对舒适的物质生活漠不关心，一心衷情于科学实验。比埃尔的求婚是以真正的科学方式进行的。求婚者的第一件礼物是比埃尔自己撰写的一本小册子，题目为“论物理现象中的对称原则，电场和磁场的对称原则”。在爱情面前显得有些笨拙的比埃尔，给玛丽写了一封发自肺腑的信：“让我俩终身相伴，以谋科学及人类之福利，这事业是何其伟大啊！”一封没有甜言蜜语，没有赞美之词的求婚书，更激起了玛丽的无限敬意。玛丽接受了比埃尔的求婚。

1895年7月26日，天高气爽，阳光明媚。玛丽和比埃尔在巴黎郊区梭镇的市政厅举行了“一切从简”的婚礼，既没有牧师，又没有律师，连结婚戒指也没有。婚礼和传统的不同，蜜月更加别开生面，新婚夫妇各骑一辆坚固的自行车，在法国乡村作了一次骑自行车的蜜月旅行。婚后，夫妇俩开始携手进行科学研究。后来，玛丽的女儿艾芙·居里在那本杰出的传记《居里夫人传》中说他们是“两颗心一起跳动，两个身躯结合成一体，两位天才的智能共同思想”。

婚后，玛丽接连生了两个女儿，但仍然不放弃她的物理学博士学位的学习，发表了有关回火钢的磁化问题的专著，获得一笔科研奖金。在剩余时间里，她同丈夫合作，协助他所进行的实验。医生们警告她注意左肺上的结核性病灶，并建议她去疗养院休养。但是玛丽执意不肯去，她太专心她的实验室工作了。这时，她和比埃尔对亨利·贝克勒尔的实验都发生了兴趣。贝克勒尔是位杰出的法国物理学家，在检验一种稀有金属——铀盐时，发现它发

射出一种显然能透过不透明物体的光线。贝克勒尔把一种铀的化合物放在一块外面包着黑纸的照相底片上，发现铀的化合物已经透过黑纸在底片上留下了放射痕迹，照相底片颜色变黑了。他的观察结果表明：这是一种新型的发自固体物质内部的辐射，这种辐射能够使验电器放电。这是人类第一次观察到某些奇异光线的穿透力。这种辐射的特性和来源是一个令人神往的谜，这种能通过不透明物质的神秘的穿透力的本质是什么？这种奇怪的能源又从何而来？这些疑问强烈地吸引着玛丽和比埃尔·居里，玛丽决意去研究铀的辐射。这就是发现和研究镭的开始。这是一条漫长而险峻的科学之路，它使这对夫妇付出了毕生的心血和代价，以最大的勇气和超凡的想象力，以百折不回的毅力，终于达到了目的。

从研究一开始，他们就遇到种种困难。玛丽唯一能得到的实验室是理化学院的一所破旧的木棚。夏天，房间闷热得像个蒸笼；冬天，温度常常在零度线上下。不过，总算有了进行科学试验的场所，这位弱小的肺病患者奋不顾身地开始探索人类尚不知道的秘密。她用比埃尔·居里发明的测量电的精确方法，迅速投入了研究工作。首先，必须测量出铀射线的电离功率。她用极为简陋的工具，检查了铀的特性，发现这种金属神秘的放射现象不受光照、温度及铀化合物的化学状态的影响。她渐渐地确信，辐射现象来自原子的一种放射性能。她想：也许铀还不是唯一具有放射性的化学元素，为了测试辐射是否会发生在其他地方，她细致入微地检测了每一种已知的元素，包括单质状态和化合物状态的，发现钍的化合物也会发射出像铀那样的射线。她开始对散发射线的能量使用“放射性”这一术语。

接着，玛丽检测了内含钍和铀的矿石——沥青铀矿、硫铜矿和天然氧化铀，对它们进行了静电试验。在测量它们的放射性时，她发现其中的放射性要比预计存在钍和铀含量中的强得多。她把已知的化学元素一一检测过，没有发现任何元素有这样强大的放射性。经过无数次实验之后，玛丽得出一个惊人的结论：在这些矿物质中存在着一种威力强大的放射性物质。她断定这种物质是一种新的元素。1898年4月12日，玛丽在给科学院的一份报告中宣布，在沥青铀矿中可能存在着一种新的威力强大的放射性元素。玛丽·居里正在开创原子时代。

在这个时刻，比埃尔暂时停下自己对晶体的研究，开始与年轻的妻子同心协力，共同探寻这一新的元素。经过千百次试验之后，他们发现，正在探寻的这个新元素的含量是微乎其微的，仅占沥青铀矿的百万分之一！这一天，她心情激动地去看她的姐姐。“你知道吗，波萝妮亚，”她说，“我所不能解释的那种射线是一种新的化学元素发出来的。它就在那里，我要把它抓出来！”

首先，居里夫妇采用化学分析法：用酸和氢硫化物把沥青铀矿中的所有元素分离出来。然后，迅速、准确地测量每种分离物的放射性。通过仔细地分离，他们发现，放射性仅仅存在于矿石的某些部分之中，主要集中在沥青铀矿中的两种不同的化学分馏部分之中，一个含有铋，另一个含有钋。他们提出一个大胆的理论：肯定存在着两种新元素。1898年7月，他们宣布发现了其中一种元素，它具有像铋一样的化学特性。出自对祖国强烈的热爱，玛丽把刚刚发现的新元素称为“钋”，让祖国“波兰”的名字永远铭刻在人们的记忆中。

钋的发现，使玛丽·居里初步实现了自己梦寐以求的愿望，为祖国赢得

了荣誉。不久，他们又钻进那间阴冷潮湿的实验室，废寝忘食地继续探寻科学的奥秘。在圣诞节后的第二天，他们宣布，又发现了另一种新的元素。他们把它叫作“镭”（意即放射）。

他们的重大发现受到了广泛的祝贺，但也有一些科学家对此表示怀疑。他们说：镭和钋仅存在于这对夫妇事先准备好的、形迹令人感觉不到的物品中，“镭在哪里？拿镭出来给我们看看！”面对怀疑，居里夫妇决心努力获取纯镭和纯钋。由于钋比镭不稳定得多，他们决定首先分离镭。这必须要炼制巨量的原矿，而沥青铀矿又是一种十分贵重的矿，居里夫妇根本就买不起。如何解决这个难题呢？他们推理说，假如这个新元素存在于沥青铀矿石中，但又不同于铀，那么在提取铀之后的残渣中可能含有钋和镭。当时这种残渣几乎是一钱不值的，只需要付出比运输费略高一点的代价。

于是，他们开始订购成吨的“垃圾”——沥青铀矿渣。使他俩意料不到的是，奥地利政府决定赠给他们一吨矿渣，但要他们自己支付运输费，这正是他们十分情愿的。大量的、用粗布袋子装的矿渣被运到理化学院那间被人遗忘的小棚子前。从此，他们夫妇就一铲一铲地将“垃圾”注入熔炉中，玛丽站在熔炉旁，用几乎和她身高一样长的铁条搅拌着沸腾的原料，浓烟熏得她直流泪水。他俩就像汽轮上的司炉工，四年如一日始终不停地铲呀，铲呀，毫不动摇地炼制着，心中只有一个念头——从这种金属的熊熊烈火中把新元素的秘密发掘出来。

玛丽终于将经过炼制而浓缩了的物品带回棚屋内，精炼它们，开始了放射性溶液的分馏结晶工作。1902年，即在玛丽·居里宣布可能存在镭那天之后的第45个月，她终于从数吨沥青铀矿渣中提炼出了十分之一克纯镭，只有一茶匙尖那么点。她计算了这种新元素的原子量为225。在那个永生难忘的夜晚，比埃尔和玛丽来到那间阴暗的工作室，观察在微小的玻璃容器中发光的粒子。“磷光闪烁的蓝色外廓发出微光”，居里夫妇的脸“都转向那淡淡的微光，神秘的辐射光源，转向镭，转向他们的镭！”

关于这段时期，玛丽后来说过这样几句话：“我们没有钱，没有实验室，而且没有帮助。然而，正是在这简陋破旧的棚屋里，我们度过了一生中最好、最幸福的几年，我们把精力完全奉献给了镭的研究工作。”

接着，玛丽又从几吨沥青铀矿渣中分离了几毫克钋。但是没能获得纯钋。这证明钋是一种镭射线衰变的物质，她曾以如此具有象征意义的名字命名这种不稳定的元素。她总是遗憾钋没有镭那么重要。

镭的发现，奠定了放射学的基础，由此推动了原子科学的发展。后来，镭又用在医学上，造福于人类。镭可以治愈恶性肿瘤的医疗用途为人知晓后，一些国家的科技人员计划研制这种新元素。朋友们劝居里夫妇把提炼镭的过程申请专利权。当时镭的价格约为15万美元一克，对于生活十分艰苦的居里夫妇来说，这可以给他们带来可观的收入，但他们拒绝了。玛丽说：“镭不应当成为任何人发财致富的工具。镭是元素，它属于全世界！”居里夫妇主动将他们的研究成果无偿地公布于世，不从他们的发现中“获取物质的利益”。由于发现了镭，以及在研究放射学方面的巨大贡献，居里夫人两次荣获诺贝尔物理奖金（1903年获诺贝尔物理学奖，1911年获诺贝尔化学奖），被人们誉为“镭的母亲”。

居里夫妇把所有的奖金几乎都用到准备再做的实验上。而玛丽甚至连一顶新帽子都舍不得买，他们所渴求的，是一所可以进行实验的好房屋。巴黎

大学的教务长曾写信给比埃尔，告诉他说，文化部长已提名给他法国荣誉勋章。在玛丽的赞同下，他回信说：“请代我向部长致谢，并请转告他，我丝毫也没有领取什么勋章的愿望，但我却迫切需要一个实验室。”后来，居里当上了巴黎大学的教授，同时，大学也提供了一所设备完善的实验室，居里夫妇的毕生愿望实现了。玛丽曾说过：“我最强烈的愿望是要在华沙创建一个镭学研究院。”1925年，她的夙愿也实现了。

玛丽在《比埃尔传》中写道：“不提高个人的素质，我们就不能指望建立一个更好的世界。要实现这个目标，我们中的每一个人都必须朝着各自的最高发展方向努力；同时，承担各自在人类通常生活中的责任。我们的主要义务是，有助于那些我们认为会对他们十分有益的人。”玛丽就是将自己的毕生奉献给放射性物质的科学研究上，直至生命的最后阶段。有一天，她从实验室回家时，自言自语道：“啊，我多么疲倦啊！”次日，她已经不能起床了。医生们来看她，但诊断不出她生了什么病。有点像感冒、结核、恶性贫血，但又一样都不是。1934年7月4日，居里夫人死于“镭中毒”引起的恶性贫血症。长年累月的研究，使她付出了致命的代价。但她的杰出发现，为人类做出了伟大的贡献，永远闪烁着灿烂的光辉。

## 超导现象的发现

1911年，从著名的莱顿大学低温实验室里传出了一个惊人的消息：水银在零下269摄氏度的条件下，它的电阻消失了。

过去，人们从未想到过导体的电阻可以变得一点也没有。电阻可以说是一种同时具有“优”“缺”点的性能。我们知道白炽灯泡能亮是由于灯丝有电阻，电炉能烧饭也得归功于炉丝的电阻。但是，在输电线上，在电动机里，在电子器件中，电阻使电能产生白白的消耗，电阻越大，电的消耗也越大，在这种情况下，我们希望电阻越小越好，最好是没有，如今真的能让电阻消失，这对电气工程来说，真是一个大喜讯。

发现这个现象的是荷兰物理学家卡麦林—翁纳斯。翁纳斯领导的实验室是世界上“最冷的地方”，虽然莱顿城里鲜花常开，但是实验室里制造出来的低温，比南极或北极的最低温度（-88℃）还要低几倍。

低温世界是一个魔术般的世界，把一束鲜花放在液态氮中一浸，拿出来向地上一摔，鲜花就会像玻璃一样破碎；把一只橡皮球放在液态氮里一浸，拿出来以后，能像铃铛一样敲响。水银在低温下冻得比铁还硬，可以用锤子把它钉在墙上；在液氮中冻硬的面包，在漆黑的房间里竟然发出天蓝色的光辉。

翁纳斯简直被这童话般的世界迷住了。他决心获得更低的温度。当时，科学家已经能把除了氦气以外的气体全部都变为液态。利用液态氢，已获得了-253℃的低温。但是，要使氦气变成液态困难还很大。例如在液体氢的温度下，连空气都会变成固体。如果不小心与空气接触，空气便会立刻在液体氢的表面上结成一层坚硬的盖子。但是翁纳斯是一位出色的实验专家，这一点困难是吓不倒他的。

翁纳斯出身在一个书香之家，叔叔伯伯都是知名的学者，父母也是博学之士。翁纳斯从小就表现出对于数学、物理的天分。他不仅喜欢读书，把家中丰富的藏书读个遍，还喜欢动手实验。

翁纳斯有一次做实验时，化学药品引燃了周围的织物，等他发现时，火势已不可控制，火借风势，刹时间半座楼就被烧毁了。他被吓坏了，逃到野外，在灌木丛中躲了一夜。

救过火以后，父母亲才发现翁纳斯丢了。于是又连夜寻找直到次日的凌晨。看到缩成一团的小翁纳斯，又冷又害怕，父亲非常心疼，他一把抱起儿子说，“我的孩子，别害怕，为了研究科学，你就是把自家的房子全拆了，把田地全毁了，我也不会埋怨你的。”父母的教育对翁纳斯产生了极大的影响。

翁纳斯的成就还要感谢两位老师的精心培养。18岁的翁纳斯进入德国海德堡大学学习，深受著名化学家本生和学者基尔霍夫的器重。在两位导师的指导下，他养成了锲而不舍、精益求精的治学态度，很快就获得博士学位。29岁就担任莱顿大学物理学主任教授，并着手在该校建立一个低温实验室。

提起科研，提起实验室，在有些人的心目中总是明亮的屋子，轻松的工作，只要按一下电钮就可以了。实际上，低温实验室简直像一个车间，实验室里充满了管道，还有隆隆作响的真空泵。因为低温不是一下子就能获得的。必须沿着温度的台阶一步一步向下走，温度越低就越困难。翁纳斯先用液化氯甲烷达到 $-90$ ，用乙烯达到 $-145$ ，用氧气达到 $-183$ ，用氢气达到 $-253$ 。终于在1908年成功地实现了最后一种“永久气体”——氦气的液化，得到了 $-269$ 的低温。在这以后，他用液氦抽真空的方法，得到 $-272$ 。

这个温度属于超低温，当时世界上只有莱顿大学的低温实验室可以得到这么低的温度。翁纳斯和他的同伴在这得天独厚的条件下进行极低温下的各种现象的研究。他们发现水银、铅、锡一般降温到该物质的特性转变点以下时，电阻会突然消失，变成“超导电性”物体。

这就是说，在一个超导线圈中一旦产生了电流就会周而复始地流下去。因为电阻已经消失，电流不会在流动中衰减，翁纳斯把一个铅制的线圈放在液体氦中，铅圈旁放一块磁铁，突然把磁铁撤走，根据法拉第发现的电磁感应，铅圈内便产生了感应电流。

果然，在低温的条件下，电流不断地沿着铅圈转起来，就像不知疲倦的一匹马一样。1954年3月16日的一次类似实验，电流持续了长达两年半的时间，一直到1956年9月5日才由于液态氦供应不上而终止。理论计算表明，如果保持这种低温条件，电流就是流10万年也不会衰减。

这种现象物理学称为超导现象。1913年，翁纳斯因为这项重大的发现获诺贝尔奖。翁纳斯之所以能获得这种殊荣，与他的治学态度有关。他在总结自己一生探索经验时说：“只要一养成做学问的习惯，那就跟一日三餐那样，到时不吃不喝，就会感到饥渴难忍。有了做学问的习惯，还要牢记一点，那就是专和精。跟整个知识相比，个人所掌握的实在太渺小了。我认为，人可以在专和精中求广博；如果想懂得一切，那显然是不切实际的无稽之谈。”

翁纳斯的这番话是值得人们深思的。他的一生也确实是这样做的。在逝世的前两年，他已是71岁的老人，仍然经常通宵达旦地工作，直到他1926年逝世之日。

